



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Tomonori SEKI, et al. Art Unit: 2812
Serial No.: 10/727,060 Examiner:
Filed : December 3, 2003
Title : CONTACT SWITCH AND APPARATUS PROVIDED WITH CONTACT SWITCH

Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT(S) UNDER 35 U.S.C. 119

Applicants hereby confirm their claim of priority under 35 U.S.C. 119 from Japanese Patent Application No. 2002-354041 filed December 5, 2002, and Japanese Application No. 2003-373208 filed October 31, 2003. A certified copy of the applications from which priority is claimed are submitted herewith.

Please charge any fees due in this respect to Deposit Account No. 50-0591, referencing 15115.101001.

Respectfully submitted,

Date: 3/25/04

Jonathan P. Osha, Reg. No. 33,986
OSHA NOVAK & MAY L.L.P.
1221 McKinney Street, Suite 2800
Houston, Texas 77010
Telephone: (713) 228-8600
Facsimile: (713) 228-8778

CERTIFICATE OF MAILING BY FIRST CLASS MAIL (37 CFR 1.8)

Applicant(s): Tomonori SEKI, et al.

Docket No.

15115.101001

Serial No.

10/727,060

Filing Date

12/03/2003

Examiner

Group Art Unit

2812

Invention: CONTACT SWITCH AND APPARATUS PROVIDED WITH CONTACT SWITCH

I hereby certify that this Transmittal of Priority Document

(Identify type of correspondence)

is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to:

Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on March 29, 2004

(Date)

Brenda C. McFadden

(Typed or Printed Name of Person Mailing Correspondence)

Brenda C. McFadden

(Signature of Person Mailing Correspondence)

Note: Each paper must have its own certificate of mailing.

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 2 月 5 日
Date of Application:

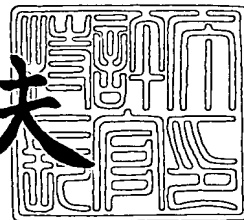
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 5 4 0 4 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 5 4 0 4 1]

出 願 人 オムロン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 61707

【提出日】 平成14年12月 5日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01H 59/00
B62D 57/00

【発明の名称】 接点開閉器および接点開閉器を備えた装置

【請求項の数】 8

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1
 番地 オムロン株式会社 内

 【氏名】 積 知範

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1
 番地 オムロン株式会社 内

 【氏名】 宇野 裕

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1
 番地 オムロン株式会社 内

 【氏名】 増田 貴弘

【特許出願人】

 【識別番号】 000002945

 【氏名又は名称】 オムロン株式会社

 【代表者】 立石 義雄

【代理人】

 【識別番号】 100085006

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 世良 和信

 【電話番号】 03-5643-1611

【選任した代理人】**【識別番号】** 100106622**【弁理士】****【氏名又は名称】** 和久田 純一**【電話番号】** 03-5643-1611**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 066073**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9800579**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 接点開閉器および接点開閉器を備えた装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に配設された複数の第 1 の接点と、
上記第 1 の接点と閉成および開離を行う第 2 の接点と、
上記第 1 の接点と上記第 2 の接点との上記閉成により導通する、上記基板上に
配設され互いに絶縁された複数の信号線とを有し、

上記第 1 の接点の膜厚が、上記信号線の膜厚より小さい
ことを特徴とする接点開閉器。

【請求項 2】 上記第 1 の接点が第 1 の導電層から構成され、
上記信号線は、上記第 1 の導電層と、上記第 1 の導電層と導通可能な第 2 の導
電層とが順次積層されて構成されている

ことを特徴とする請求項 1 記載の接点開閉器。

【請求項 3】 上記第 1 の導電層と上記第 2 の導電層とが異なる材料から構
成されている

ことを特徴とする請求項 2 記載の接点開閉器。

【請求項 4】 上記第 1 の接点の膜厚と上記第 2 の接点の膜厚との合計が、
上記信号線を通過する電気信号の周波数に依存する表皮深さ以上である

ことを特徴とする請求項 1 記載の接点開閉器。

【請求項 5】 上記第 1 の接点の膜厚が、上記信号線を通過する電気信号の
周波数に依存する表皮深さ未満である

ことを特徴とする請求項 4 記載の接点開閉器。

【請求項 6】 上記基板上の上記複数の第 1 の接点の間に、上記第 2 の接点
と絶縁された電極が配設され、

上記第 2 の接点が、上記第 1 の接点と上記第 2 の接点との閉成時に、上記第 2
の接点と上記電極との絶縁状態を維持可能な形状に形成されている

ことを特徴とする請求項 1 記載の接点開閉器。

【請求項 7】 上記第 1 の接点と上記第 2 の接点との閉成時に、上記第 2 の
接点を構成する導電膜の上面と、上記信号線の上面とがほぼ同一の高さになるよ

うに構成されている

ことを特徴とする請求項 1 記載の接点開閉器。

【請求項 8】 基板上に配設された複数の第 1 の接点と、
上記第 1 の接点と閉成および開離を行う第 2 の接点と、
上記第 1 の接点と上記第 2 の接点との閉成により導通する、上記基板上に配設され互いに絶縁された複数の信号線とを有し、

上記第 1 の接点の膜厚が、信号線の膜厚より小さく構成された接点開閉器を備え、上記接点開閉器の開閉により信号の開閉を行う

ことを特徴とする接点開閉器を備えた装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、接点開閉器および接点開閉器を備えた装置に関し、特に、高周波信号のスイッチング素子として用いられるマイクロリレーに適用して好適なものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、静電マイクロリレーとして、特許文献 1 に記載されたものが知られている。この従来技術による静電マイクロリレーを図 8 に示す。なお、図 8 において、静電マイクロリレーの斜視図を図 8 A に示し、b - b 線に沿った断面図を図 8 B に示す。

【0 0 0 3】

図 8 A に示すように、従来技術による静電マイクロリレーは、主に、ガラス基板や絶縁体基板からなる固定基板 2 0 1 と、可動基板 2 0 2 とから構成されている。

【0 0 0 4】

一方の固定基板 2 0 1 には、絶縁膜 2 0 3 が被覆され可動基板 2 0 2 を動かすための固定電極 2 0 4 と、高周波信号の通路となる 2 本の信号線 2 0 5 とが主に設けられている。これらの信号線 2 0 5 は、所定間隔を隔てて設けられており、

これらの信号線 2 0 5 の端部により、一組の固定接点 2 0 6 が構成されている。

【0 0 0 5】

他方の可動基板 2 0 2 は、固定基板 2 0 1 に対向するように、この固定基板 2 0 1 に接合させるアンカ 2 0 7 を介して、弾性的に固定されている。また、可動基板 2 0 2 上において、固定電極 2 0 4 に対応する位置に可動電極 2 0 8 が設けられているとともに、固定接点 2 0 6 に対応する位置に可動電極 2 0 8 と電氣的に絶縁された可動接点 2 0 9 が設けられている。

【0 0 0 6】

次に、この従来技術による静電マイクロリレーの動作について説明する。すなわち、まず、固定電極 2 0 4 と可動電極 2 0 8 との間に電圧を印加することによって、これらの間に静電引力を生じさせる。これにより、可動基板 2 0 2 が固定基板 2 0 1 側に引き寄せられる。続いて、可動接点 2 0 9 が、可動接点 2 0 9 と固定接点 2 0 6 とを結ぶ線（図 8 B 中、垂直下方）に沿って、2 つの固定接点 2 0 6 と閉成し、2 本の信号線 2 0 5 を電氣的に接続する。

【0 0 0 7】

その後、この電圧印加を遮断すると、静電引力が消失する。これにより、弾性力の復元力により可動基板 2 0 2 が固定基板 2 0 1 から離間されて元の状態に復帰する。さらに、この弾性力により、可動接点 2 0 9 が垂直に持ち上げられ、固定接点 2 0 6 から開離されて 2 本の信号線 2 0 5 の電氣的接続が遮断される。

【0 0 0 8】

また、可動基板 2 0 2 は、ガラスから形成されたキャップ 2 1 0 が、接着層（図示せず）を介して固定基板 2 0 1 の上面に接着されることによって、外部の粉塵などの異物から保護されている。

【0 0 0 9】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 0 - 1 1 3 7 9 2 号公報

【0 0 1 0】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した従来技術による静電マイクロリレーのような接点開閉

器においては、次のような問題があった。

【0 0 1 1】

すなわち、上述した接点開閉器においては、固定電極 2 0 4 と可動電極 2 0 8 との間に電圧を印加した際に、固定電極 2 0 4 と可動電極 2 0 8 との間に、可動接点 2 0 9 を固定接点 2 0 6 に閉成させるのに十分な吸引力を作用させる必要がある。

【0 0 1 2】

さらに、固定電極 2 0 4 と可動電極 2 0 8 との間における電圧印加を遮断した際に、可動電極 2 0 8 に対して、可動接点 2 0 9 を固定接点 2 0 6 から開離させるのに十分な開離力が作用するように、可動基板 2 0 2 のばね反力（弾性復元力）を確保しておく必要がある。

【0 0 1 3】

すなわち、可動接点 2 0 9 の閉成および開離が、それぞれ電圧の印加および遮断において確実に行われるように、デバイスの力設計を行う必要がある。このように適切なデバイスの力設計を実施するためには、ばね設計と静電引力との関係を考えなければならない。

【0 0 1 4】

接点開閉器におけるばね設計は、 $F = k x$ （ k ：弾性係数、 x ：ストローク量）により表される。そのため、上述したようなマイクロリレーの場合、必要なストローク量は、可動接点 2 0 9 と固定接点 2 0 6 との間のギャップ量によって規定される。

【0 0 1 5】

ところが、このストローク量は、接点開閉器のデバイス製造プロセスにおいて、固定接点 2 0 6 における成膜の膜厚ばらつき、可動接点 2 0 9 を可動電極 2 0 8 から絶縁するための絶縁体や、可動接点 2 0 9 を構成するための導電体における厚さのばらつき、および接点を加工する際の加工精度に影響を受ける。

【0 0 1 6】

これらのばらつきが大きいと、図 9 に示すように、ばね反力（復元力）が静電引力より大きくなる領域が存在することになる。この静電引力よりばね反力が大

きくなる部分においては、固定電極 2 0 4 と可動電極 2 0 8 との間に電圧を印加しても、固定接点 2 0 6 と可動接点 2 0 9 とが閉成しなくなってしまう。

【0 0 1 7】

そのため、電圧を印加させても接点が閉成されず、これに起因して、信号が伝搬しない動作不良が生じるデバイスが製造される可能性が生じていた。

【0 0 1 8】

この点に関して、本発明者が行った種々の実験に基づく知見によれば、上述したばらつきのうちで精度ばらつきが最も大きくなる場所は、最も厚い膜によって形成される固定接点 2 0 6 の部分（図 8 中、波線円内）である。

【0 0 1 9】

さらに、信号線 2 0 5 は、高周波信号を可能な限り低損失で伝達させるために、その配線の厚さについて、表皮効果を考慮し、表皮深さ以上の膜厚を確保する必要がある。

【0 0 2 0】

ところが、信号線 2 0 5 の配線の膜厚が大きくなるほど、この配線の端部により構成される固定接点 2 0 6 の膜厚も大きくなり、成膜時の加工精度の影響を受ける膜厚ばらつきの累積量も大きくなってしまいう問題があった。

【0 0 2 1】

また、本発明者が、種々の実験に基づいて検討を行ったところ、上述した接点開閉器を高周波信号の開閉に用いる場合、図 1 0 に示すように、接点部分において、高周波信号の伝搬が屈曲させられ、インピーダンスのミスマッチングが発生し、高周波信号の損失が生じていることを知見するに至った。

【0 0 2 2】

本発明は、従来技術が有する上述の課題を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、接点の部分における膜厚ばらつきを、簡単な構造変更で低減することができ、開閉におけるストローク量ばらつきを低減して接点閉成時の動作の安定化を図ることができる接点開閉器および接点開閉器を備えた装置を提供することにある。

【0 0 2 3】

また、本発明の他の目的は、高周波特性を向上させることができ、高周波信号の伝搬における損失を低減可能な接点開閉器を提供することにある。

【 0 0 2 4 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の接点開閉器は、
基板上に配設された複数の第 1 の接点と、
第 1 の接点と閉成および開離を行う第 2 の接点と、
第 1 の接点と第 2 の接点との閉成により導通する、基板上に配設され互いに絶縁された複数の信号線とを有し、
第 1 の接点の膜厚が、信号線の膜厚より小さい
ことを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

この構成によれば、接触力に影響を及ぼすことなく配線膜厚を所望の膜厚に設定することができるため、接点部分の薄膜における膜厚ばらつきを最小限にすることができるとともに、抵抗値を下げる事が可能となり、信号線の膜厚においても、電流を流すために必要な表皮深さを確保することができる。

【 0 0 2 6 】

本発明の一実施態様においては、第 1 の接点が第 1 の導電層から構成され、信号線は、第 1 の導電層と、第 1 の導電層に導通可能な第 2 の導電層とが順次積層されて構成されている。さらに、第 1 の導電層と第 2 の導電層とを異なる材料から構成しても良い。

【 0 0 2 7 】

このような構成によれば、第 1 の接点を、基板上に形成される他の電極と同一の薄膜形成工程において形成することが可能となるため、製造工程を増加することなく、信号線より厚みが薄い接点を形成することが可能となるとともに、その膜厚のばらつきを最小限にすることができる。そして、この基板上に形成される他の電極を、接点の開閉における引力を生じさせるための電極として用いることが可能である。

【 0 0 2 8 】

さらに、第 1 の接点を構成する導電材料に、絶縁体との密着性を確保可能な材料を用いて、その上層に信号線を主に構成する導電材料として、通常の配線材料が用いることができる。

【 0 0 2 9 】

本発明の別の実施態様においては、第 1 の接点の膜厚と、第 2 の接点の膜厚との和が、信号線を通過する電気信号の周波数に依存する表皮深さ以上となるように膜厚を定めている。さらに、第 1 の接点の膜厚が、信号線を通過する電気信号の周波数に依存する表皮深さ未満となるように定めても良い。

【 0 0 3 0 】

このような構成によれば、膜厚のばらつきを最小限に設定可能にするとともに、高周波信号を低損失で伝搬させることができるようになる。

【 0 0 3 1 】

本発明のさらに別の実施態様においては、基板上の複数の第 1 の接点の間に、第 2 の接点と絶縁された電極が配設されており、第 1 の接点と第 2 の接点との閉成時に、第 2 の接点と電極との絶縁状態を維持するように第 2 の接点の形状を定めている。

【 0 0 3 2 】

このような構成によれば、基板上の複数の第 1 の接点の間に、第 2 の接点と絶縁された電極が配設されていても、第 1 の接点と第 2 の接点と閉成動作の際に、所望の設計値の接触力を発揮し、かつ第 2 の接点と電極との絶縁状態を維持することができる。

【 0 0 3 3 】

本発明のさらに別の実施態様においては、第 1 の接点と第 2 の接点との閉成時に、第 2 の接点を構成する導電膜の上面と、信号線の上面とがほぼ同一の高さになるように構成されている。

【 0 0 3 4 】

このような構成によれば、高周波信号が伝搬する際のインピーダンスのミスマッチングを防止でき、高周波信号の損失を最小限に抑えることができる。

【 0 0 3 5 】

本発明の接点開閉器を用いた装置は、

基板上に配設された複数の第 1 の接点と、第 1 の接点と閉成および開離を行う第 2 の接点と、第 1 の接点と第 2 の接点とが閉成することにより導通する、基板上に配設され互いに絶縁された複数の信号線とを有し、第 1 の接点の膜厚が、信号線の膜厚より小さく構成された接点開閉器により、信号の開閉を行うように構成されている

ことを特徴とする。

【 0 0 3 6 】

この接点開閉器を用いた装置は、無線通信機や計測器などの高周波信号の開閉を行う装置を含むものである。

【 0 0 3 7 】

この構成によれば、高周波信号の伝搬損失が低減できるので、応答性に優れ、かつ高周波信号を長期間に渡って信頼性を維持しつつ安定して開閉する装置を提供することができる。

【 0 0 3 8 】

本発明の技術的思想は、必ずしも上述の組み合わせに限定されるものではなく、上述した複数の発明を、適宜、任意に組み合わせることにより実現される技術的思想をも包含するものである。

【 0 0 3 9 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、以下の実施形態の全図においては、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【 0 0 4 0 】

まず、本発明の第 1 の実施形態による接点開閉器について説明する。図 1 に、この第 1 の実施形態による接点開閉器としてのマイクロリレーを示す。

【 0 0 4 1 】

図 1 に示すように、この第 1 の実施形態による静電マイクロリレーは、固定基板 1 の一面に、所定の間隔を保って、可動基板 1 0 を一体化した構成を有し、さらに、この可動基板 1 0 を覆うようにして、キャップ 2 0 が設けられている。

【 0 0 4 2 】

固定基板 1 は、ガラス基板 2 の上面に、少なくとも固定電極 3 と 2 本の信号線 4, 5 とが設けられて構成されている。

【 0 0 4 3 】

これらのうちの固定電極 3 は、その表面が絶縁膜 7 により被覆されている。また、信号線 4, 5 は、同一直線上（図 1 中、2 点鎖線）に配置されている。そして、固定電極 3 は、信号線 4, 5 の周辺領域に、これを囲むようにして所定の距離を隔てて設けられている。これにより、固定電極 3 は、信号線 4, 5 を伝送する高周波信号の GND 電極（接地電極）と兼用されることによって、コプレナ構造を構成している。

【 0 0 4 4 】

すなわち、これらの信号線 4, 5 に高周波信号を流したときに発生する電気力線は、後述する固定接点 4 a, 5 a 間の GND 電極において終端される。そのため、アイソレーション特性を向上させることができる。なお、アイソレーション特性とは、接点開放時、信号線間における高周波信号の漏れがどの程度存在するかを示すものである。また、アイソレーション特性の向上とは、高周波信号の漏れの低減を意味する。

【 0 0 4 5 】

また、それぞれの信号線 4, 5 の外側に向いた一端部が、接続パッド 3 b₁, 3 b₂, 3 b₃, 3 b₄ に電氣的に接続されている。

【 0 0 4 6 】

また、これらの信号線 4, 5 における固定基板 1 の中心近傍（図 1 中、点線円内部）の一端部が、所定間隔を隔てた固定接点 4 a, 5 a を構成している。これらの固定接点 4 a, 5 a は、信号線 4, 5 の膜厚より小さい膜厚に構成されている。具体的には、これらの信号線 4, 5 および固定接点 4 a, 5 a は、固定基板 1 の中心部において、凹部となるような段差形状を有して構成されている。

【 0 0 4 7 】

そして、信号線 4, 5 における固定接点 4 a, 5 a の部分を段差形状にするために、この第 1 の実施形態による固定接点 4 a, 5 a は、固定電極 3 と同一の製

造プロセスにおいて成膜された第1導電層が、信号線4, 5から固定接点4a, 5aの部分だけはみ出した形状にパターンニングされている。

【0048】

信号線4, 5は、第1導電層の上層に第2導電層を積層配置して構成される。例えば銀(Ag)、銅(Cu)、金(Au)またはアルミニウム(Al)などからなる第2導電層が、第1導電層と導通可能に設けられ、信号線4, 5の一端部の固定接点4a, 5aの部分にのみ第1導電層が露出されている。これらの露出部分は、後述する可動基板10の可動接点18と閉成可能な形状となっている。

【0049】

より具体的には、この第1の実施形態においては、これらの固定接点4a, 5aは、固定電極3と同様の導電性薄膜から構成されており、その上層に第2導電層が形成された信号線4, 5は、信号線4, 5を主に構成する導電材料(第2導電層の材料)の導電率 σ (s/m)と、信号線4, 5を通過する電気信号の周波数 ν (GHz)とから下の(1)式により決定される表皮深さ δ (μ m)以上になるように、成膜されている。

【数1】

$$\delta = \frac{10^5}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{\sigma \nu}} (\mu m) \cdots (1)$$

【0050】

なお、この第1の実施形態における信号線4, 5に用いられる代表的な配線材料に関して、所定の周波数信号を伝搬させるために必要な表皮深さを表1に示す。表1は、表皮深さが、信号線の材質や信号線を通過する電気信号の周波数に依存することを示している。

【表 1】

周波数 (GHz)		0.1	0.3	0.5	1	3	5	10
表皮深さ (μm)	銀	6.44	3.72	2.88	2.04	1.18	0.91	0.64
	銅	6.61	3.82	2.96	2.09	1.21	0.93	0.66
	金	7.86	4.54	3.52	2.49	1.44	1.11	0.79
	アルミニウム	7.96	4.59	3.56	2.52	1.45	1.13	0.80

【0 0 5 1】

この第 1 の実施形態においては、信号線 4、5 を主に構成する配線材料と、この接点開閉器が備えられる装置に用いられる信号の周波数とに応じて定められる表皮深さ以上の膜厚となるように、信号線 4、5 の膜厚を定めることにより、高周波信号を低損失で伝搬させることができる。なお、固定接点 4 a、5 a の膜厚は、表皮深さ未満であっても、後述する可動接点 1 8 と閉成した際に固定接点 4 a、5 a と可動接点 1 8 の膜厚の和が表皮深さ以上であれば、低損失で高周波信号を伝搬させることが可能となる。

【0 0 5 2】

このように、信号線 4、5 の固定接点 4 a、5 a の部分を段差形状にすることにより、固定接点 4 a、5 a の膜厚を、表皮深さの制限を受けることなく小さく設定することができるため、従来に比してばらつき量の低減を図ることができる。

【0 0 5 3】

また、そのほかの信号線 4、5 や配線部 6 a、接続パッド 3 b₁～3 b₄、6 b における、膜厚確保のための多層膜構成においては、ストローク量への影響がなくなることにより、膜厚ばらつきに対して自由度が増える。そのため、これらの導電層の形成においては、一般的な成膜方法を採用することが可能であるととも、表皮効果を考慮した十分な膜厚を確保することが可能となる。

【0 0 5 4】

なお、表 1 に例示したような導電材料は、ガラス基板 2 などの絶縁材料と密着性が低い場合が多い。そのため、この第 1 の実施形態のようにガラス基板 2 などの絶縁材料からなる基板を用いる場合には、クロム (C r)、チタン (T i)、または導電性化合物などの導電材料から構成される密着層を第 1 導電層とし、この密着層上に、第 2 導電層を構成する導電材料を配置することが好ましい。

【0 0 5 5】

さらに、この密着層と第 2 導電層を各々構成する導電材料との間の相互拡散を防止するために、ニッケル (N i) やルテニウム (R u)、タングステン (W) などからなる拡散防止層を、第 2 導電層と密着層との間に設けた構造を採用することも可能である。

【0 0 5 6】

そして、このような密着層や、密着層および拡散防止層からなる積層膜を第 1 導電層とし、これらを固定電極 3 および固定接点 4 a, 5 a に用いることにより、固定電極 3 および固定接点 4 a, 5 a を同一の製造工程において成膜することが可能となる。そのため、信号線 4, 5 を形成後、さらに段差形状を形成する工程を新たに追加することなく、配線などのパターンニングのマスク形状を変更する程度で、固定接点 4 a, 5 a を形成することが可能になる。

【0 0 5 7】

他方、可動基板 1 0 は、シリコン (S i) 基板が加工されて、アンカ 1 1 a, 1 1 b、第 1 弾性支持部 1 2、可動電極 1 3、第 2 弾性支持部 1 4、可動接点部 1 5 が形成されて構成されている。

【0 0 5 8】

すなわち、この可動基板 1 0 においては、固定基板 1 の上面縁部に接合されるアンカ 1 1 a, 1 1 b から側方に延在する 2 本の第 1 梁部としての第 1 弾性支持部 1 2 に、可動電極 1 3 が支持されている。

【0 0 5 9】

アンカ 1 1 a, 1 1 b は、互いに可動接点部 1 5 に対してほぼ点対称となる位置に設けられており、固定基板 1 の上面における 2 箇所の位置に、それぞれ立設可能に構成されている。なお、一方のアンカ 1 1 b は、固定基板 1 の上面に設け

られた配線部 6 a を介して、接続パッド 6 b に電氣的に接続されている。

【0060】

また、第 1 弾性支持部 1 2 は、アンカ 1 1 a, 1 1 b の上端部が延長された形状に形成されたスリット 1 2 a により構成されている。また、この第 1 弾性支持部 1 2 は、アンカ 1 1 a, 1 1 b に比して厚さが小さく、固定基板 1 との間において、所定の間隔に隔てられている。

【0061】

また、可動電極 1 3 は、アンカ 1 1 a, 1 1 b に対して第 1 弾性支持部 1 2 の反対側の端部により支持されており、固定電極 3 に対して、所定の間隔を有しつつ対向するように配置されている。

【0062】

これにより、固定電極 3 と可動電極 1 3 との間に電圧を印加することにより発生する静電引力によって、可動電極 1 3 が固定電極 3 側に引き寄せられるように構成されている。

【0063】

また、可動電極 1 3 には、その中央部に、一对の連結部からなる第 2 梁部としての第 2 弾性支持部 1 4 が形成されている。そして、可動基板 1 0 は、弾性支持された可動電極 1 3 の中央部に、第 2 弾性支持部 1 4 を介して可動接点部 1 5 が弾性支持されて構成されている。

【0064】

これらの第 2 弾性支持部 1 4 および可動接点部 1 5 は、可動基板 1 0 の両端縁部中央から中央部に向かって設けた切欠部 1 6 により切り欠かれた分の残部から構成される。この第 2 弾性支持部 1 4 は、可動電極 1 3 と可動接点部 1 5 とを連結する幅狭の梁であり、接点閉成時において、第 1 弾性支持部 1 2 よりも大きな弾性力を確保可能に構成されている。

【0065】

また、可動接点部 1 5 の固定基板 1 側の面の中央には、絶縁膜 1 7 を介して可動接点 1 8 が設けられている。この可動接点 1 8 は、固定接点 4 a, 5 a に対向して、接離可能に設けられている。そして、この可動接点 1 8 が、分離したそれ

ぞれの固定接点 4 a, 5 a と閉成されて、信号線 4, 5 を、互いに電氣的に接続するように構成されている。

【0 0 6 6】

また、可動電極 1 3 においては、少なくとも信号線 4, 5 に対向する部分が切欠部 1 6 により除去されている。したがって、可動電極 1 3 と信号線 4, 5 と間に容量結合が存在しないため、アイソレーション特性を向上させることができる。

【0 0 6 7】

さらに、この固定基板 1 上に可動基板 1 0 が固定された状態で、キャップ 2 0 により可動基板 1 0 が封止されて、この第 1 の実施形態によるマイクロリレーが構成されている。

【0 0 6 8】

次に、上述のように構成されたマイクロリレーの動作について説明する。図 2 に、この第 1 の実施形態によるマイクロリレーの動作状態を示す。

【0 0 6 9】

まず、図 2 A に示すように、固定電極 3 と可動電極 1 3 との間に電圧を印加せず、静電引力が発生していない状態では、第 1 弾性支持部 1 2 は、弾性変形することなく、アンカ 1 1 a, 1 1 b から水平に延びた状態を維持する。これにより、可動基板 1 0 は、固定基板 1 と所定間隔を保って対向する。このとき、可動接点 1 8 は、固定接点 4 a, 5 a から開離している。

【0 0 7 0】

その後、それぞれの固定電極 3 および可動電極 1 3 の間に電圧を印加することによって、静電引力が発生させると、図 2 B に示すように、まず、第 2 弾性支持部 1 4 に比して弾性力が小さい第 1 弾性支持部 1 2 が弾性変形し、可動基板 1 0 が固定基板 1 に接近する。このとき、可動接点 1 8 は、その周囲の可動電極 1 3 が固定電極 3 に引き寄せられることにより、固定接点 4 a, 5 a に接触される。

【0 0 7 1】

続いて、図 2 C に示すように、可動電極 1 3 が、固定電極 3 を被覆する絶縁膜 7 に吸着される。

【0072】

その後、固定電極 3 と可動電極 13 との間の印加電圧を遮断すると、接点開離力として、第 1 弾性支持部 12 および第 2 弾性支持部 14 の弾性復元力（復帰力）が生じる。そして、固定電極 3 と可動電極 13 とが開離する場合は、図 2 C に示す状態から、図 2 B に示す状態を経て、図 2 A に示す状態となり、互いに所定間隔を隔てる位置まで復帰する。

【0073】

以上のように動作するマイクロリレーにおいては、図 2 A に示す状態の時に信号が遮断された状態となり、図 2 B および図 2 C に示す状態の時に信号が伝搬される状態となって、これにより、信号の開閉が実行される。

【0074】

次に、以上のように構成されたこの第 1 の実施形態によるマイクロリレーの製造方法について、図面を参照しつつ説明する。図 3 に、この第 1 の実施形態によるマイクロリレーの製造プロセスを示す。

【0075】

すなわち、まず一方の固定基板 1 において、図 3 A に示すガラス基板 2 に、図 3 B に示すように、密着層や拡散防止層となる導電層を形成した後、パターンニングを行うことにより、固定電極 3 および固定接点 4 a, 5 a を含む信号線 4, 5 の下層導電層（第 1 導電層）を形成する。続いて、図 3 中図示省略した、プリント配線、接続パッドおよび、信号線上層（第 2 導電層）をそれぞれ形成する。

【0076】

その後、固定電極 3 上に、絶縁膜 7 を形成する。以上により、図 3 C に示す固定基板 1 が形成される。ここで、この絶縁膜 7 としては、例えば、比誘電率が 3 ~ 4 のシリコン酸化（ SiO_2 ）膜や、比誘電率が 7 ~ 8 のシリコン窒化（ SiON , Si_3N_4 ）膜などが用いられる。これらの絶縁材料を用いることにより、接点および電極における開閉において、大きな静電引力を得ることができ、接触力を増加させることが可能となる。

【0077】

他方、可動基板 10 においては、図 3 D に示すように、上面側から、シリコン

(Si) 層 21a、酸化シリコン (SiO₂) 層 21b、および Si 層 21c が順次積層された SOI (Silicon On Insulator) ウェハの一面に対して、所定のパターン形状の SiO₂ 層からなるエッチングマスク 22 を形成する。なお、エッチングマスクとしては、通常のレジストパターンなどを用いてもよい。

【0078】

その後、このエッチングマスク 22 をマスクとして Si 層 21c のエッチングを行う。これにより、図 3E に示すように、下方側に突出するアンカ 11a, 11b が形成される。

【0079】

その後、図 3F に示すように、SOI 基板 21 の一面の接点間の所定間隔を隔てた領域に、選択的に絶縁膜 17 が形成される。続いて、この絶縁膜 17 上の部分に、可動接点 18 が形成される。

【0080】

次に、図 3G に示すように、陽極接合法により、一方のベースとなる可動基板 10 と他方の固定基板 1 とを、可動接点 18 と固定接点 4a, 5a との位置合わせを行いつつ、接合させて一体化する。

【0081】

その後、図 3H に示すように、SOI 基板 21 の上面を、例えば、水酸化カリウムなどのアルカリエッチング液を用いたウェットエッチング法により、SiO₂ 層 21b をエッチングストップ層として、エッチングを行うことにより薄膜化する。

【0082】

次に、フッ素系エッチング液を用いて、SiO₂ 層 21b を除去することにより、図 3I に示すように、Si 層 21c からなる、可動電極 13 が形成された可動基板 10 を露出させる。

【0083】

その後、例えば反応性イオンエッチング (RIE) 法などのドライエッチング法により、型抜きエッチングを行う。これにより、切欠部および連結部が形成され、第 1 弾性支持部 12 および第 2 弾性支持部 14 が切り出されて、可動基板 1

0が完成する。

【0084】

最後に、レーザやカッターを用いたダイシングが行われて、個々のマイクロリレーに裁断され、この第1の実施形態によるマイクロリレーが製造される。

【0085】

以上説明したように、この第1の実施形態によれば、信号線4, 5の固定接点4a, 5aの部分を段差形状にして薄くしていることにより、従来に比してばらつき量の低減を図ることができる。さらに、そのほかの信号線4, 5や配線部6a、接続パッド3b₁~3b₄などの信号伝達部においては、その膜厚を接点開閉のストローク量に関係なく定めることができるため、膜厚ばらつきに対して自由度が増し、表皮効果を考慮した十分な膜厚を確保することが可能となる。

【0086】

次に、本発明の第2の実施形態による接点開閉器について説明する。図4に、この第2の実施形態によるマイクロリレーの閉成時の断面図を示す。

【0087】

図4に示すように、この第2の実施形態においては、ガラス基板2上における固定接点4a, 5aに挟まれた部分に、固定電極3が設けられており、この固定電極3上に、絶縁性を保つために絶縁膜7が形成されている。すなわち、固定電極3は、信号線4, 5の間の部分において連結されている。

【0088】

そこで、この第2の実施形態においては、可動接点18の固定基板1側における、固定電極3に対向する部分（すなわち、固定電極3に接触する可能性のある部分）に、絶縁膜7の高さと所定のクリアランス分の窪みからなる凹部18aを設けている。すなわち、ダブルブレークの可動接点18が少なくとも2段の高さに構成され、1段高い部分（凹部18a）は、可動接点18と固定接点4a, 5aとの閉成時に、信号線4, 5の間の空間位置に配置される。

【0089】

これにより、可動接点18と固定接点4a, 5aとの開閉動作において、可動接点18が固定電極3に接触することを防止することができ、高周波信号におけ

る雑音の増加などの影響を回避することができる。

【0090】

そのほかの構成については、第1の実施形態におけると同様であるので、説明を省略する。そして、この第2の実施形態によれば、第1の実施形態と同様の効果も得ることができる。

【0091】

ここで、本発明者は、固定接点4a、5aと可動接点18との閉成時における高周波信号の損失を、より高い周波数の信号においても低減するために、さらに鋭意検討を進め、接点部分におけるインピーダンスのミスマッチングをより一層低減し、抑制する接点開閉器としてのマイクロリレーを想起するに至った。

【0092】

そこで、このようなマイクロリレーについて、以下の第3の実施形態において説明する。図5に、この第3の実施形態によるマイクロリレーの閉成時の断面図および上面図を示す。

【0093】

図5Aに示すように、この第3の実施形態によるマイクロリレーにおいては、可動接点18と固定接点4a、5aとの閉成時において、可動接点18の上面の高さと信号線4、5の上面の高さとが、ほぼ同一の高さになるように構成されている。

【0094】

さらに、この第3の実施形態においては、図5Aの信号線4、5および可動接点18の上面図である図5Bに示すように、可動接点18の信号線4、5の長手方向に垂直な方向の幅（以下、幅）と信号線4、5の幅とが、ほぼ同一の幅になるように構成されている。これにより、従来技術に比して大幅にミスマッチングを抑制することができる。

【0095】

この第3の実施形態によるマイクロリレーのそのほかの構成については、第2の実施形態におけると同様であるので、説明を省略する。

【0096】

以上説明したように、この第 3 の実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができるとともに、接点部分におけるインピーダンスのミスマッチングをより一層改善させることが可能となり、高周波信号の損失をより低減することができる。

【0 0 9 7】

次に、本発明の第 4 の実施形態において、本発明によるマイクロリレーを備えた装置について説明する。この第 4 の実施形態によるマイクロリレー搭載装置の例として、図 6 に無線通信機を示し、図 7 に計測器を示す。

【0 0 9 8】

すなわち、本発明によるマイクロリレーは、その構造特性により、特に高周波信号に関して、低損失で良好に伝達する特性を得ることができる。

【0 0 9 9】

そこで、これらの特性を活用して、例えば、図 6 に示すように、無線通信機 4 0 において、本発明によるマイクロリレー 1 0 0 が内部処理回路 4 1 と送受信アンテナ 4 2 との間に接続して設けられる。そして、本発明によるマイクロリレー 1 0 0 を、送受信アンテナ 4 2 から高周波信号を受け取って内部処理回路 4 1 に供給したり、内部処理回路 4 1 から送受信アンテナ 4 2 に信号を供給したりする箇所に用いて、アンテナスイッチとして利用することが可能である。

【0 1 0 0】

このように、本発明によるマイクロリレー 1 0 0 をアンテナスイッチとして採用することにより、従来の素子に比して、特に高周波信号の損失を低減可能となるので、内部回路に用いられる増幅器などの負担を低減することができるとともに、低損失かつ小型、低消費電力による高効率化を実現可能となる。

【0 1 0 1】

また、図 7 に示すように、計測器 5 0 においては、マイクロリレー 1 0 0 を、内部処理回路 5 1 から測定対象物 5 2 に至る、それぞれの信号線の途中に接続する。このように、本発明によるマイクロリレー 1 0 0 を、計測器 5 0 の測定対象物 5 2 と内部処理回路 5 1 との間の信号の出力・供給用リレーとして用いることにより、低損失の伝達特性により従来技術によるスイッチング素子に比して、精

度よく信号の伝達を実行することが可能となる。

【0 1 0 2】

また、上述した無線通信機 4 0 や計測器 5 0 においては、複数個の伝達素子が使用されることが多い。そのため、小型、低消費電力であることにより、スペース効率やエネルギー消費効率の観点においても大きな利点を得ることが可能となる。

【0 1 0 3】

以上、本発明の実施形態について具体的に説明したが、本発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0 1 0 4】

例えば上述の第 1 の実施形態においては、固定電極 3 および固定接点 4 a, 5 a を構成する第 1 導電層を単一材料からなる単層の導電層から形成しても良いし、固定電極 3 および固定接点 4 a, 5 a を構成する導電層を、異なる導電層を積層させた多層膜構成とすることも可能である。

【0 1 0 5】

また、上述の第 1 の実施形態においては、信号線 4, 5 を主に形成する第 2 導電層として A u、A g、C u および A l などの材料を例示したが、この信号線 4, 5 を、必ずしも単一の材料から構成する場合に限定するものではなく、複数種類の材料を積層させた多層膜構成とすることが可能であり、さらに、用いられる配線材料についても、上述の金属材料に限定されるものではない。

【0 1 0 6】

また、例えば上述の第 1 の実施形態においては、S i 基板を加工することにより、可動基板 1 0 を構成しており、これにより、可動基板 1 0 そのものが導電体となり可動電極を兼ねた構成としているが、可動電極 1 3 を、ベースとなる基板に導電体を設けて構成することも可能である。

【0 1 0 7】

また、例えば上述の第 1 ～第 4 の実施形態においては、本発明を、静電マイクロリレー（静電アクチュエータ）に適用する例について説明したが、必ずしも静

電アクチュエータに限定するものではなく、本発明を、圧電アクチュエータや、熱アクチュエータに適用することも可能である。

【0 1 0 8】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の接点開閉器によれば、接点の部分における膜厚ばらつきを、簡単な構造変更で低減することができ、開閉におけるストローク量のばらつきを低減して接点閉成時の動作を安定化させることができるとともに、高周波特性を向上させ、高周波信号の伝搬における損失の低減を図ることができる。

【0 1 0 9】

また、本発明の接点開閉器を備えた装置によれば、本発明による接点開閉器を、無線通信機や計測器などの、外部信号と内部回路との伝達素子として用いることにより、長期間に渡り安定したスイッチング機能を維持することができ、直流信号のみならず、特に高周波信号を長期間に渡って信頼性を維持しつつ安定して開閉することができる装置として提供することができ、これらの装置において、低損失かつ小型で、低消費電力による高効率化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態による接点開閉器としてのマイクロリレーを示す分解斜視図である。

【図 2】

本発明の第 1 の実施形態による接点開閉器としてのマイクロリレーの動作を示す断面図である。

【図 3】

本発明の第 1 の実施形態による接点開閉器としてのマイクロリレーの製造プロセスを示す断面図である。

【図 4】

本発明の第 2 の実施形態による接点開閉器としてのマイクロリレーの閉成時における接点部を示す断面図である。

【図 5】

本発明の第 3 の実施形態による接点開閉器としてのマイクロリレーの閉成時における接点部および高周波信号の伝搬状態を示す断面図および平面図である。

【図 6】

本発明の第 4 の実施形態による、本発明の接点開閉器を備えた装置の一例としての無線通信装置を示すブロック図である。

【図 7】

本発明の第 4 の実施形態による、本発明の接点開閉器を備えた装置の一例としての計測装置を示すブロック図である。

【図 8】

従来技術による接点開閉器としてのマイクロリレーの構造を示す斜視図およびその動作を示す断面図である。

【図 9】

接点開閉器としてのマイクロリレーにおける弾性力と静電引力との電極間距離依存性を示すグラフである。

【図 1 0】

従来技術による接点開閉器における高周波信号の伝搬に関する問題点を説明するための断面図である。

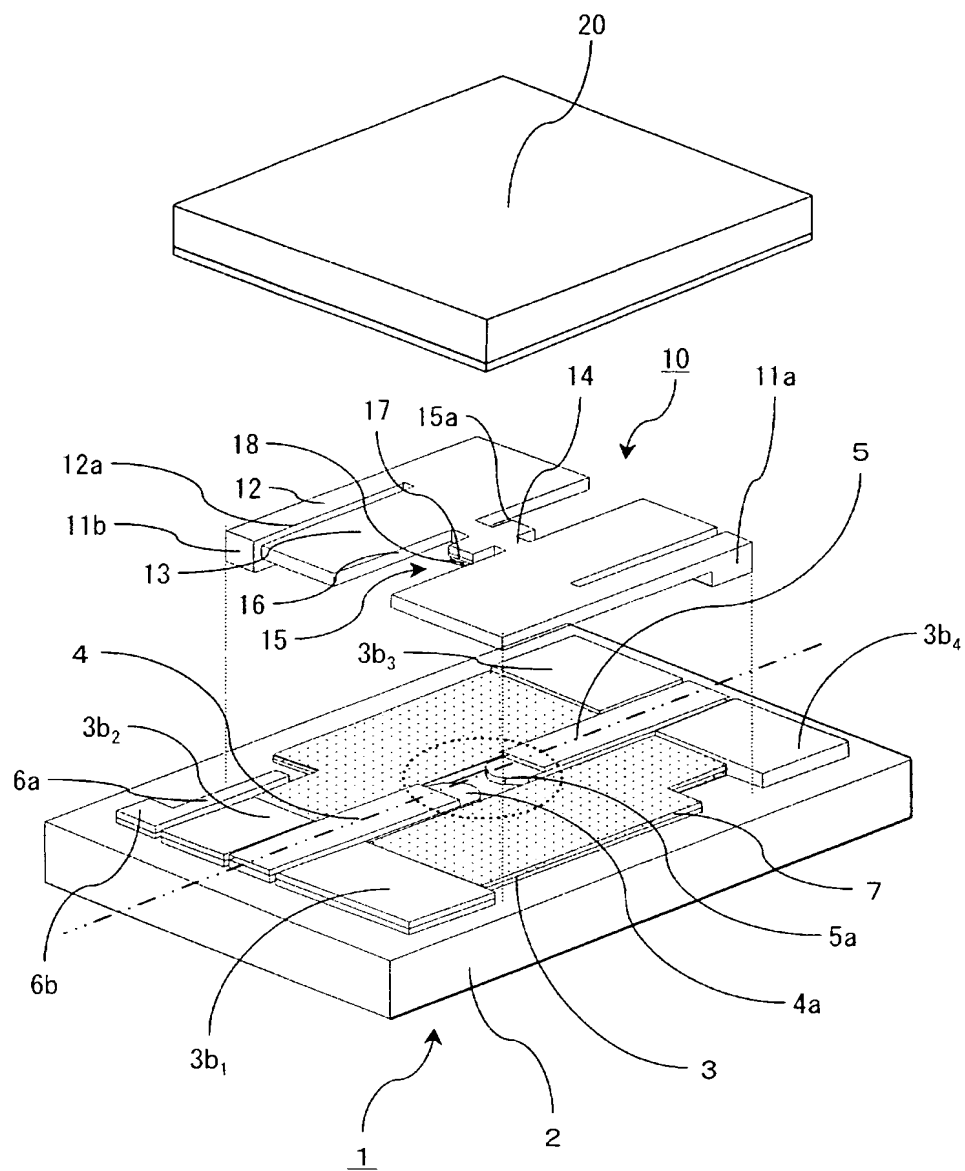
【符号の説明】

- 1 固定基板
- 2 ガラス基板
- 3 固定電極
- 3 b₁, 3 b₂, 3 b₃, 3 b₄, 6 b 接続パッド
- 4, 5 信号線
- 4 a, 5 a 固定接点
- 6 a 配線部
- 7, 1 7 絶縁膜
- 1 0 可動基板
- 1 1 a, 1 1 b アンカ

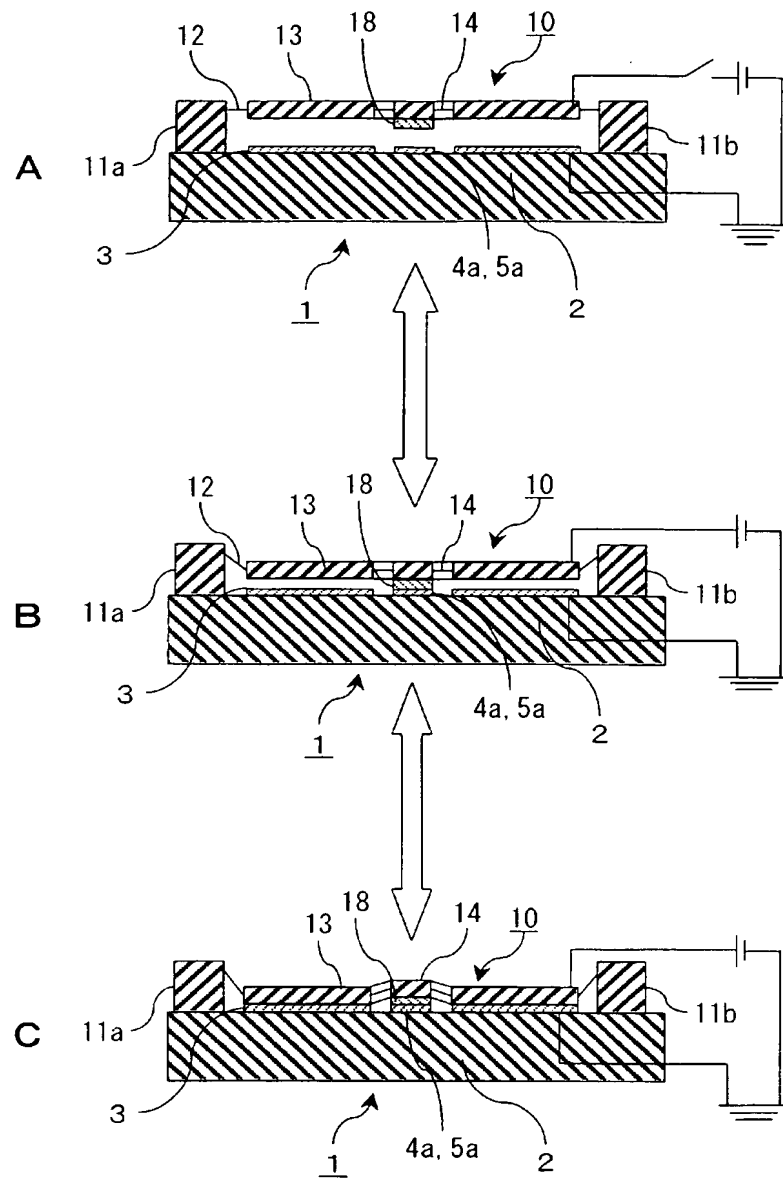
- 1 2 第 1 弾性支持部
- 1 2 a スリット
- 1 3 可動電極
- 1 4 第 2 弾性支持部
- 1 5 可動接点部
- 1 6 切欠部
- 1 8 可動接点
- 1 8 a 凹部
- 2 0 キャップ
- 2 1 S O I 基板
- 2 1 a, 2 1 c S i 層
- 2 1 b 酸化シリコン (S i O₂) 層
- 2 2 エッチングマスク
- 4 0 無線通信機
- 4 1 内部処理回路
- 4 2 送受信アンテナ
- 5 0 計測器
- 5 1 内部処理回路
- 5 2 測定対象物
- 1 0 0 マイクロリレー

【書類名】 図面

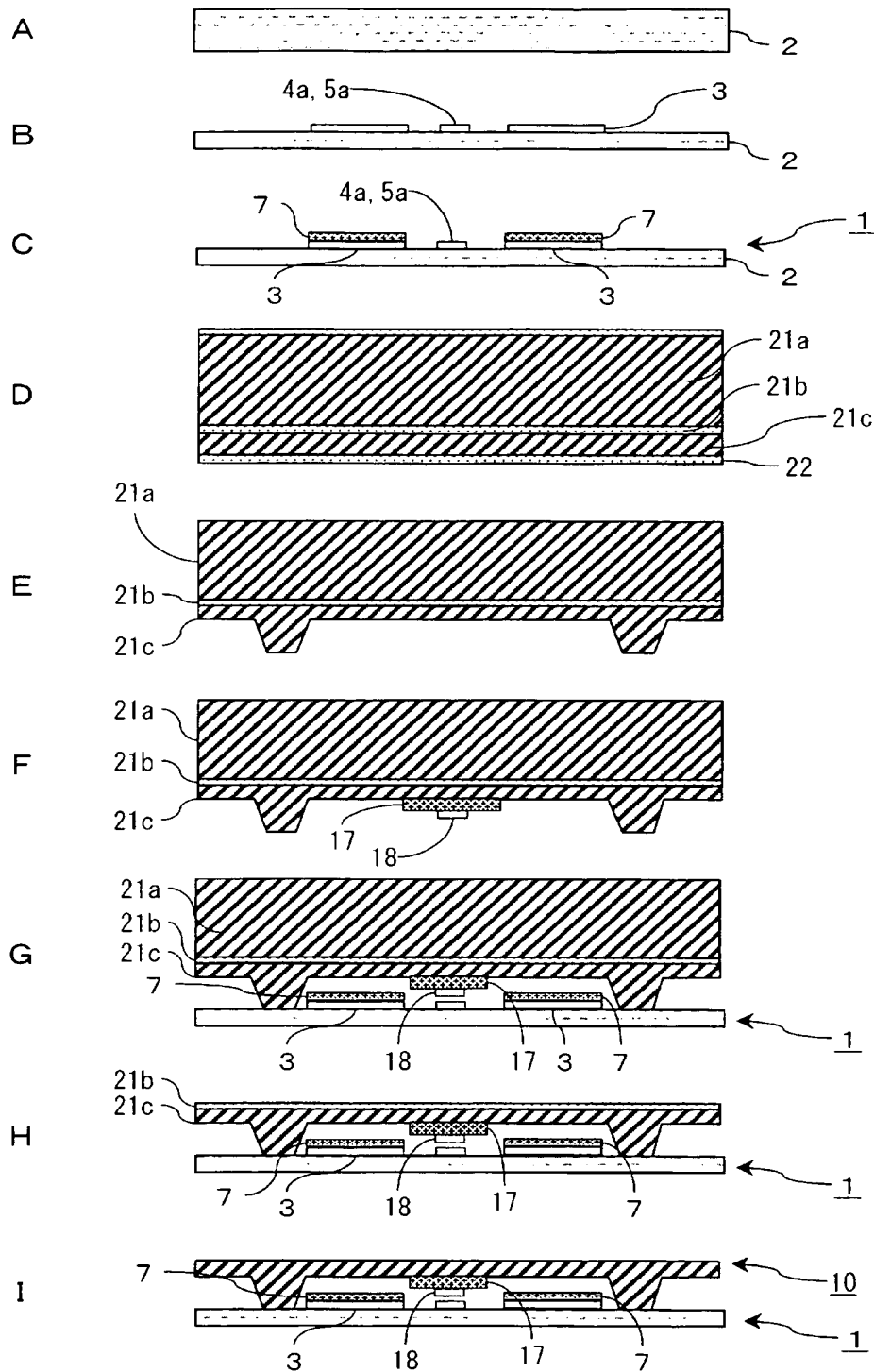
【図 1】



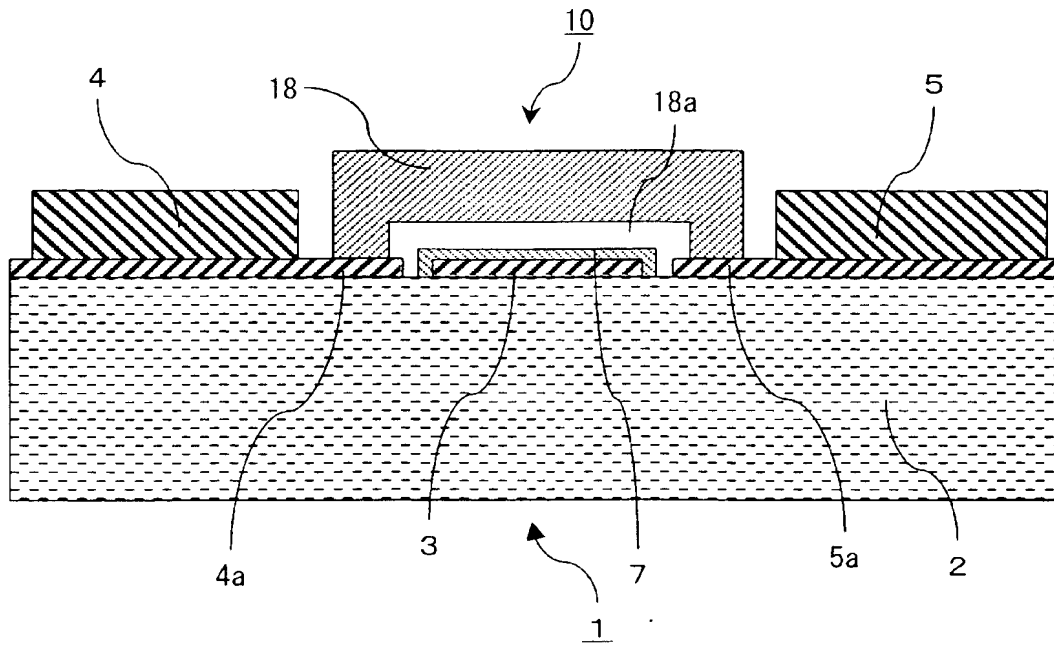
【図 2】



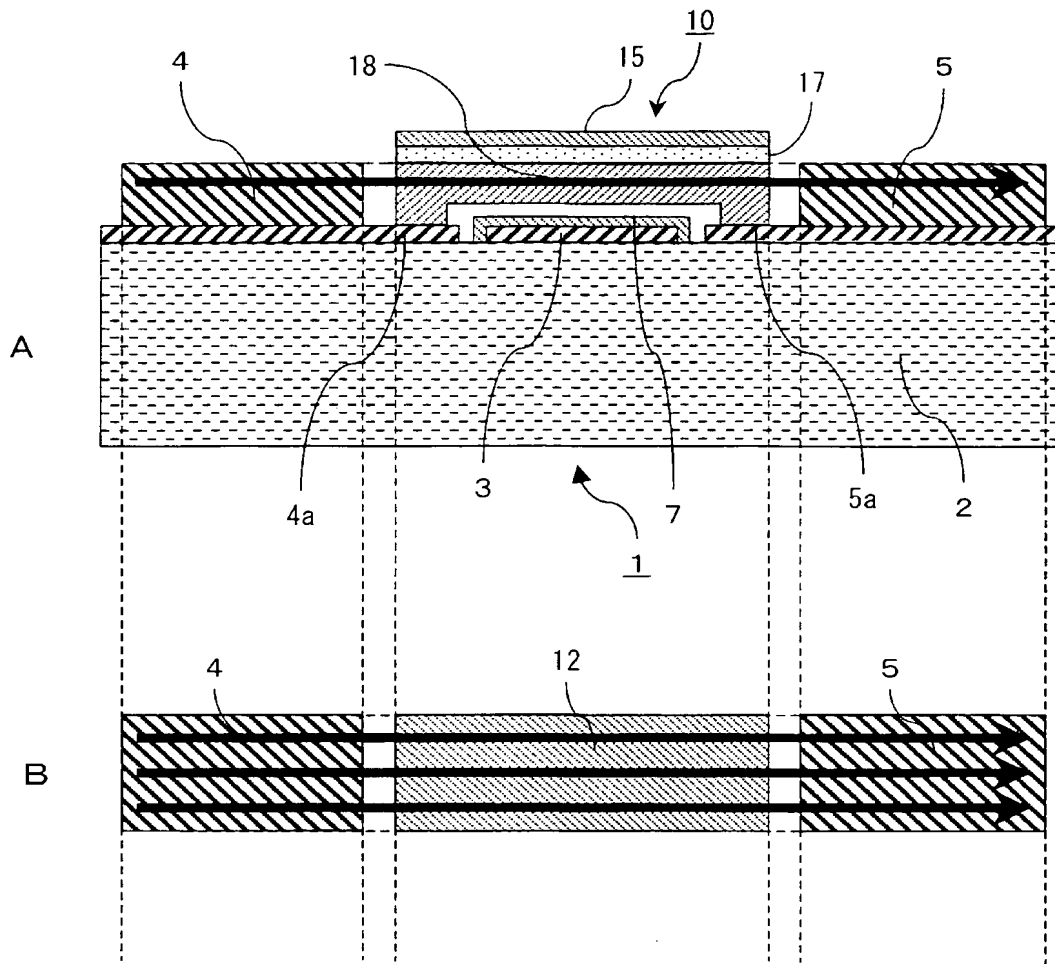
【図 3】



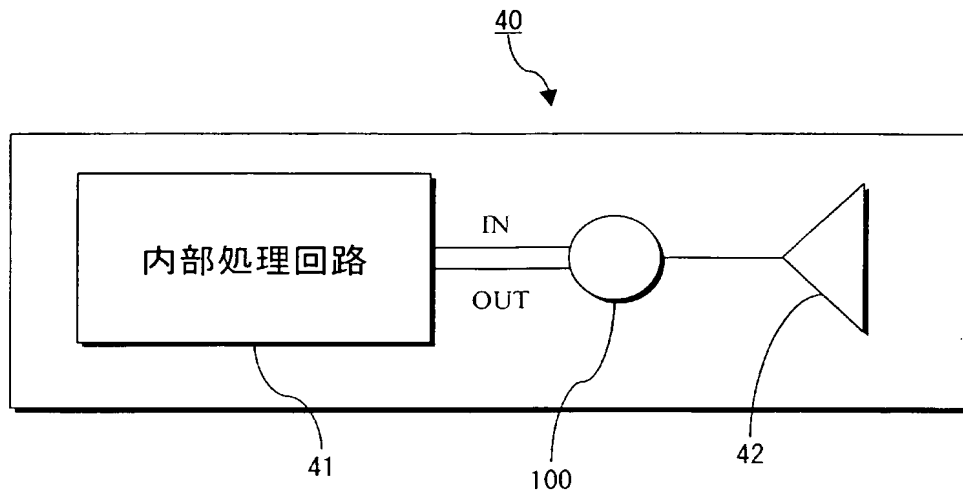
【図 4】



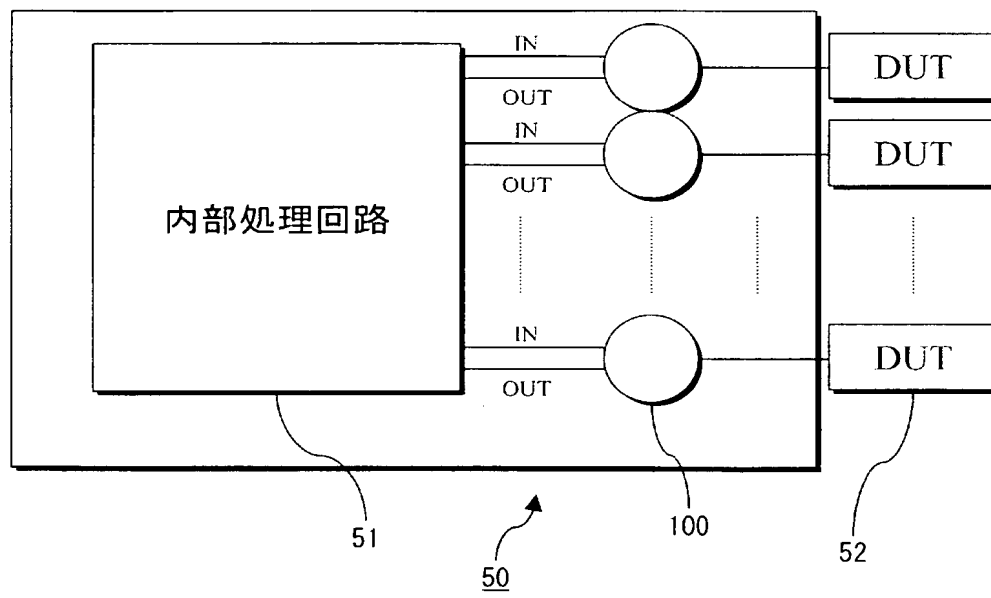
【図 5】



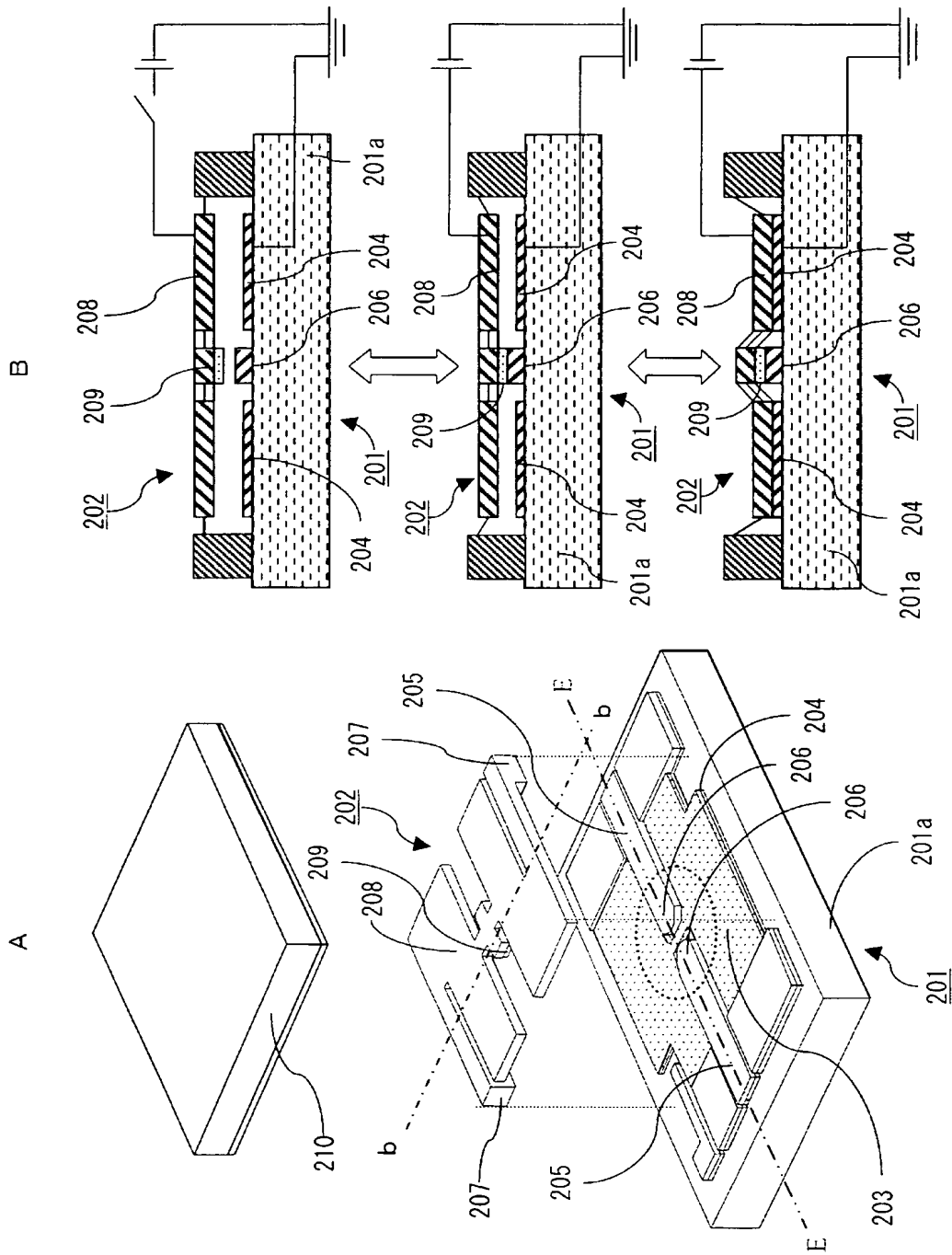
【図 6】



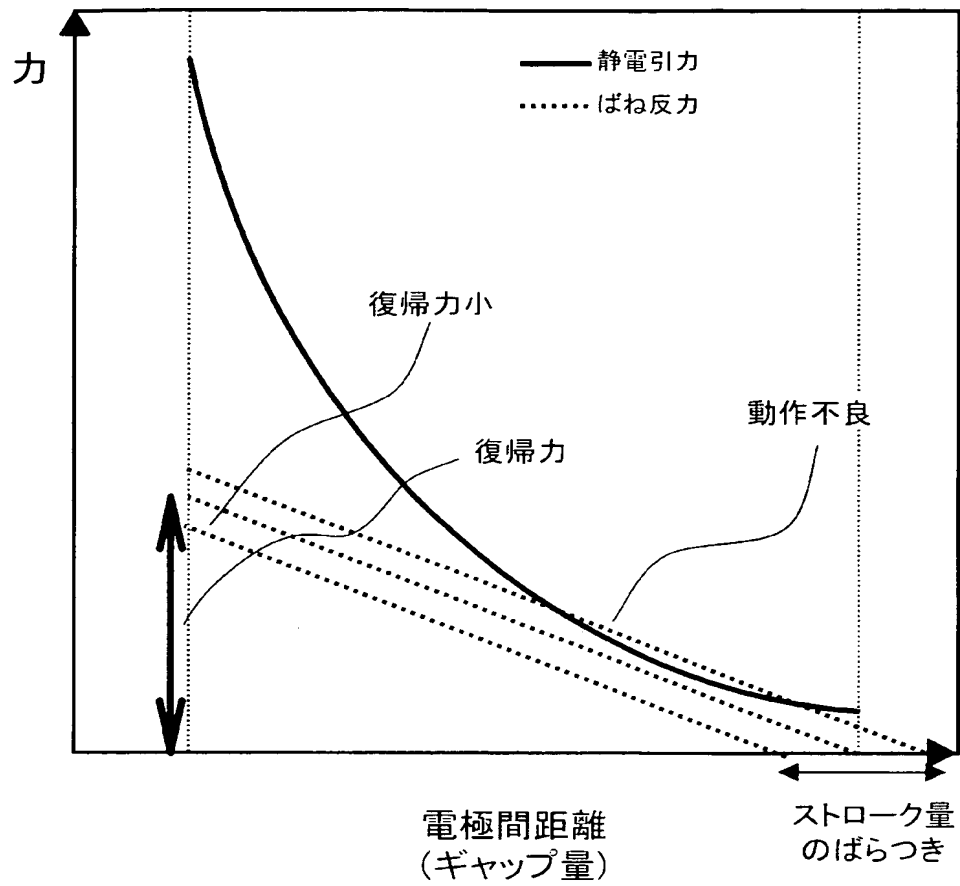
【図 7】



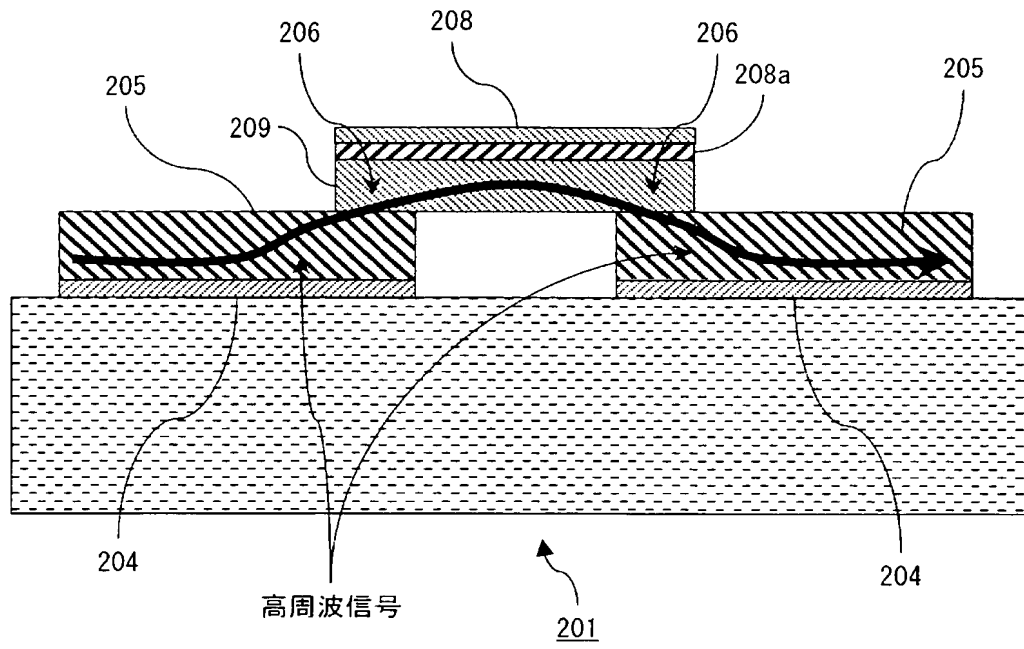
【図 8】



【図 9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 接点の部分における膜厚ばらつきを、簡単な構造変更で低減することができ、接点開閉のストローク量ばらつきを低減して、接点閉成時の動作を安定化するとともに、高周波特性を向上させて信号の伝搬損失を低減する。

【解決手段】 固定基板 1 に、複数の固定接点 4 a, 5 a と信号線 4, 5 とを配設する。固定基板 1 に対向する可動基板 1 0 に、固定接点 4 a, 5 a と閉成、開離を行う可動接点 1 8 を設ける。固定接点 4 a, 5 a の膜厚を信号線 4, 5 の膜厚より小さくして、固定接点 4 a, 5 a と可動接点 1 8 との閉成時に、固定接点 4 a, 5 a により構成される凹部に可動接点 1 8 を入り込ませ、信号線 4, 5 を直線的に導通させる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 5 4 0 4 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 9 4 5]

1. 変更年月日

2 0 0 0 年 8 月 1 1 日

[変更理由]

住所変更

住 所

京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地

氏 名

オムロン株式会社

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年10月31日
Date of Application:

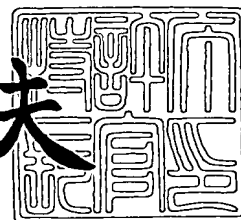
出願番号 特願2003-373208
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-373208]

出願人 オムロン株式会社
Applicant(s):

2003年12月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 62679
【提出日】 平成15年10月31日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01H 59/00
B62D 57/00

【発明者】
【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社 内
【氏名】 積 知範

【発明者】
【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社 内
【氏名】 宇野 裕

【発明者】
【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社 内
【氏名】 増田 貴弘

【特許出願人】
【識別番号】 000002945
【氏名又は名称】 オムロン株式会社
【代表者】 作田 久男

【代理人】
【識別番号】 100085006
【弁理士】
【氏名又は名称】 世良 和信
【電話番号】 03-5643-1611

【選任した代理人】
【識別番号】 100106622
【弁理士】
【氏名又は名称】 和久田 純一
【電話番号】 03-5643-1611

【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2002-354041
【出願日】 平成14年12月 5日

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 066073
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9800579

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

基板上に配設された第 1 の接点と、
上記第 1 の接点と閉成および開離を行う第 2 の接点と、
上記第 1 の接点と上記第 2 の接点との上記閉成により導通する、上記基板上に配設され互いに絶縁された信号線とを有し、
上記第 1 の接点の膜厚が、上記信号線の膜厚より小さい
ことを特徴とする接点開閉器。

【請求項 2】

上記第 1 の接点が第 1 の導電層から構成され、
上記信号線は、上記第 1 の導電層と、上記第 1 の導電層と導通可能な第 2 の導電層とが順次積層されて構成されている
ことを特徴とする請求項 1 記載の接点開閉器。

【請求項 3】

上記第 1 の導電層と上記第 2 の導電層とが異なる材料から構成されている
ことを特徴とする請求項 2 記載の接点開閉器。

【請求項 4】

上記第 1 の接点の膜厚と上記第 2 の接点の膜厚との合計が、上記信号線を通過する電気信号の周波数に依存する表皮深さ以上である
ことを特徴とする請求項 1 記載の接点開閉器。

【請求項 5】

上記第 1 の接点の膜厚が、上記信号線を通過する電気信号の周波数に依存する表皮深さ未満である
ことを特徴とする請求項 4 記載の接点開閉器。

【請求項 6】

上記基板上に上記第 1 の接点が複数形成され、上記複数の第 1 の接点の間に、上記第 2 の接点と絶縁された電極が配設され、
上記第 2 の接点が、上記第 1 の接点と上記第 2 の接点との閉成時に、上記第 2 の接点と上記電極との絶縁状態を維持可能な形状に形成されている
ことを特徴とする請求項 1 記載の接点開閉器。

【請求項 7】

上記第 1 の接点と上記第 2 の接点との閉成時に、上記第 2 の接点を構成する導電層の上面と、上記信号線の上面とがほぼ同一の高さになるように構成されている
ことを特徴とする請求項 1 記載の接点開閉器。

【請求項 8】

基板上に配設された第 1 の接点と、
上記第 1 の接点と閉成および開離を行う第 2 の接点と、
上記第 1 の接点と上記第 2 の接点との閉成により導通する、上記基板上に配設され互いに絶縁された信号線とを有し、
上記第 1 の接点の膜厚が、信号線の膜厚より小さく構成された接点開閉器を備え、上記接点開閉器の開閉により信号の開閉を行う
ことを特徴とする接点開閉器を備えた装置。

【書類名】明細書**【発明の名称】** 接点開閉器および接点開閉器を備えた装置**【技術分野】****【0001】**

本発明は、接点開閉器および接点開閉器を備えた装置に関し、特に、高周波信号のスイッチング素子として用いられるマイクロリレーに適用して好適なものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、接点開閉器の一形態である静電マイクロリレーとして、特許文献1に記載されたものが知られている。この従来技術による静電マイクロリレーを図8に示す。なお、図8において、静電マイクロリレーの斜視図を図8Aに示し、b-b線に沿った断面図を図8Bに示す。

【0003】

図8Aに示すように、静電マイクロリレーは、主に、ガラス基板や絶縁体基板からなる固定基板201と、シリコン(Si)などの半導体からなる可動基板202とから構成されている。

【0004】

一方の固定基板201には、絶縁膜203が被覆された固定電極204と、高周波信号の通路となる2本の信号線205とが主に設けられている。これらの信号線205は、所定間隔を隔てて設けられており、これらの信号線205の端部により、一組の固定接点206が構成されている。

【0005】

他方の可動基板202は、固定基板201に対向するように、この固定基板201に接合させるアンカ207を介して固定されている。また、可動基板202上において、固定電極204に対向する位置に可動電極208が設けられているとともに、固定接点206に対向する位置に可動電極208と電氣的に絶縁された可動接点209が設けられている。

【0006】

そして、アンカ207と可動電極208との間に切り欠きにより構成された第1の弾性支持部211が形成され、可動電極208を弾性的に支持しているとともに、可動電極208と可動接点209との間に、切り欠きにより構成された第2弾性支持部212が形成され、可動接点209を弾性的に支持している。

【0007】

次に、以上のように構成された、この従来技術による静電マイクロリレーの動作について説明する。

【0008】

すなわち、図8Bに示すように、固定電極204と可動電極208との間に電圧を印加せず、静電引力が発生していない状態においては、第1弾性支持部211および第2の弾性支持部212は弾性変形することなく、アンカ207から水平に延びた状態が維持される。

【0009】

その後、固定電極204と可動電極208との間に電圧を印加することによって、これらの間に静電引力を生じさせる。これにより、可動電極208が固定電極204に引き寄せられる。

【0010】

このように、可動電極208に静電引力が作用すると、まず、第2弾性支持部212に比して弾性力が小さい第1弾性支持部211が弾性変形して、可動電極208および可動接点209が、平行状態を保ちつつ、それぞれ固定電極204および固定接点206に接近する。そして、可動接点209が固定接点206に接触して、2本の信号線205が電氣的に接続される。

【0011】

さらに、静電引力により可動電極208が引き寄せられ、固定電極204に吸着される。これにより、第2弾性支持部212に弾性変形が生じる。そして、第2弾性支持部212の変形によるばね弾性により、可動接点209が固定接点206に押しつけられる。

【0012】

このように、静電マイクロリレーにおいては、閉成時において、第1の弾性支持部211がまず弾性変形した後、第2の弾性支持部212が弾性変形する、いわゆる2段階の弾性変形により可動接点209と固定接点206との閉成が行われる。

【0013】

この電圧印加を遮断すると、静電引力が消失する。これによって、第1の弾性支持部211および第2の弾性支持部212の復元力により、可動基板202が固定基板201から離間されて元の状態に復帰する。さらに、この復元力により、可動接点209が垂直に持ち上げられ、固定接点206から開離されて2本の信号線205の電氣的接続が遮断される。

【0014】

また、可動基板202を外部の粉塵などの異物から保護するために、ガラスから形成されたキャップ210が、接着層（図示せず）を介して固定基板201の上面に接着されている。

【特許文献1】特開2000-113792号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0015】**

しかしながら、上述した従来技術による静電マイクロリレーのような接点開閉器においては、次のような問題があった。

【0016】

すなわち、接点開閉器におけるばね設計は、 $F = k \times x$ （ k ：弾性係数、 x ：ストローク量）により表される。そのため、上述したようなマイクロリレーの場合、必要なストローク量は、可動接点209と固定接点206との間の接点間ギャップ量によって規定される。

【0017】

この接点間ギャップ量は、接点開閉器のデバイス製造プロセスにおいて、固定接点206における成膜の膜厚ばらつき、可動電極208から可動接点209を絶縁するための絶縁体や、可動接点209を構成するための導電体における厚さのばらつき、および接点を加工する際の加工精度に影響を受ける。

【0018】

この点に関して、本発明者が行った種々の実験に基づく知見によれば、上述したばらつきのうちで精度ばらつきが最も大きくなる場所は、最も厚い膜によって形成される固定接点206の部分（図8中、波線円内）である。

【0019】

一方、信号線205は、高周波信号を可能な限り低損失で伝達させるために、その配線の厚さについて、表皮効果を考慮し、表皮深さ以上の膜厚を確保する必要がある。

【0020】

接点間ギャップ量のばらつきが生じると、静電マイクロリレーにおける可動接点209と固定接点206との接触信頼性が影響を受ける。

【0021】

具体的には、接点間のギャップ量が設計値よりも大きい場合、可動接点209と固定接点206とが閉成し接触した時点における可動電極208および固定電極204との間の間隔（電極ギャップ間距離）が設計値より小さくなる。

【0022】

これにより、接点間が閉成した状態から固定電極204と可動電極208とが静電引力

により接触する時までの可動電極 208 の変位量が小さくなり、接点が閉成した状態からばね変形を始める第 2 の弾性支持部 212 の変形量も小さくなる。ここで、第 2 の弾性支持部 212 の変形は、接点が閉成した状態から電極が接触するまでの間に生じるため、第 2 の弾性支持部 212 により可動接点 209 に作用される力も、接点の閉成時の状態を基準とした変位量に基づいて、上述と同様のばね設計により表される。

【0023】

そして、このばね設計に基づくと、可動電極 208 の変位量が小さくなるのに起因して、第 2 の可動接点 209 に作用する弾性力が小さくなってしまう。これにより、可動接点 209 を固定接点 206 に十分に押しつけることができず、接触信頼性を確保できなくなるという問題が生じる。

【0024】

他方、接点間ギャップ量が設計値よりも小さい場合、可動接点 209 と固定接点 206 とが閉成し接触した時点における可動電極 208 および固定電極 204 の間の電極ギャップ間距離が設計値よりも大きくなる。

【0025】

これにより、可動電極 208 に作用する固定電極 204 側に向けた静電引力が小さくなってしまう。そして、この静電引力が第 1 の弾性支持部 211 および第 2 の弾性支持部 212 による弾性力の和より小さくなると、固定電極 204 と可動電極 208 とが接触しないという現象が生じてしまう。

【0026】

固定電極 204 と可動電極 208 とが接触しない場合、第 2 の弾性支持部 212 の弾性変形量が小さくなるため、上述したばね設計に基づくと、第 2 の弾性支持部 212 により可動接点 209 を固定接点 206 に十分に押しつけることができなくなり、この場合も、接点間の接触信頼性を確保できなくなるという問題が生じる。

【0027】

本発明は、従来技術が有する上述の課題を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、接点の部分における膜厚ばらつきを、簡単な構造変更で低減することにより、接点間ギャップ量のばらつきを低減して、接点閉成時の接点間の接触信頼性を確保し、動作の安定化を図ることができる接点開閉器および接点開閉器を備えた装置を提供することにある。

【0028】

また、本発明の他の目的は、高周波特性を向上させることができ、高周波信号の伝搬における損失を低減可能な接点開閉器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0029】

上記目的を達成するために、本発明の接点開閉器は、
基板上に配設された第 1 の接点と、
第 1 の接点と閉成および開離を行う第 2 の接点と、
第 1 の接点と第 2 の接点との閉成により導通する、基板上に配設され互いに絶縁された信号線とを有し、
第 1 の接点の膜厚が、信号線の膜厚より小さいことを特徴とする。

【0030】

この構成によれば、接触力に影響を及ぼすことなく配線膜厚を所望の膜厚に設定することができるため、信号線より膜厚が小さい接点部分の膜厚ばらつきを最小限にすることができ、接点間ギャップのばらつきを低減し、接点閉成時の接点間の接触信頼性を確保し、動作の安定化を図ることができる。また、信号線の膜厚においても、電流を流すために必要な表皮深さを確保することができるので、高周波特性を向上させ、高周波信号の伝搬における損失の低減を図ることができる。

【0031】

本発明の一実施態様においては、第1の接点が第1の導電層から構成され、信号線は、第1の導電層と、第1の導電層に導通可能な第2の導電層とが順次積層されて構成されている。さらに、第1の導電層と第2の導電層とを異なる材料から構成しても良い。

【0032】

このような構成によれば、第1の接点を、基板上に形成される他の電極と同一の薄膜形成工程において形成することが可能となるため、製造工程を増加することなく、第1の接点を信号線より厚みを薄く形成することが可能となるとともに、その膜厚のばらつきを最小限にすることができる。そして、この基板上に形成される他の電極を、接点の開閉における引力を生じさせるための電極として用いることが可能である。

【0033】

さらに、第1の接点を構成する導電材料に、絶縁体との密着性を確保可能な材料を用いて、その上層に信号線を主に構成する導電材料として、通常の配線材料が用いることができる。

【0034】

本発明の別の実施態様においては、第1の接点の膜厚と、第2の接点の膜厚との和が、信号線を通過する電気信号の周波数に依存する表皮深さ以上となるように膜厚を定めている。さらに、第1の接点の膜厚が、信号線を通過する電気信号の周波数に依存する表皮深さ未満となるように定めても良い。

【0035】

このような構成によれば、膜厚のばらつきを最小限に設定可能にするとともに、高周波信号を低損失で伝搬させることができるようになる。

【0036】

本発明のさらに別の実施態様においては、基板上に第1の接点が複数形成され、複数の第1の接点の間に、第2の接点と絶縁された電極が配設されており、第1の接点と第2の接点との閉成時に、第2の接点と電極との絶縁状態を維持するように第2の接点の形状を定めている。

【0037】

このような構成によれば、基板上の複数の第1の接点の間に、第2の接点と絶縁された電極が配設されていても、第1の接点と第2の接点と閉成動作の際に、所望の設計値の接触力を発揮し、かつ高周波信号を低損失で伝搬させることができる。

【0038】

本発明のさらに別の実施態様においては、第1の接点と第2の接点との閉成時に、第2の接点を構成する導電層の上面と、信号線の上面とがほぼ同一の高さになるように構成されている。

【0039】

このような構成によれば、高周波信号が伝搬する際のインピーダンスのミスマッチングを防止でき、高周波信号の損失を最小限に抑えることができる。

【0040】

本発明の接点开閉器を用いた装置は、
基板上に配設された第1の接点と、第1の接点と閉成および開離を行う第2の接点と、第1の接点と第2の接点とが閉成することにより導通する、基板上に配設され互いに絶縁された信号線とを有し、第1の接点の膜厚が、信号線の膜厚より小さく構成された接点开閉器により、信号の開閉を行うように構成されている

ことを特徴とする。

【0041】

この接点开閉器を用いた装置は、無線通信機や計測器などの高周波信号の開閉を行う装置を含むものである。

【0042】

この構成によれば、高周波信号の伝搬損失が低減できるので、応答性に優れ、かつ高周波信号を長期間に渡って信頼性を維持しつつ安定して開閉する装置を提供することができ

る。

【0043】

本発明の技術的思想は、必ずしも上述の組み合わせに限定されるものではなく、上述した複数の発明を、適宜、任意に組み合わせることにより実現される技術的思想をも包含するものである。

【発明の効果】

【0044】

以上説明したように、本発明の接点開閉器によれば、接点の部分における膜厚ばらつきを、簡単な構造変更で低減することができ、その結果、接点間のギャップ量のばらつきを低減して、接点閉成時の接点間の接触信頼性を確保し、動作の安定化を図ることができるとともに、高周波特性を向上させ、高周波信号の伝搬における損失の低減を図ることができる。

【0045】

また、本発明の接点開閉器を備えた装置によれば、本発明による接点開閉器を、無線通信機や計測器などの、外部信号と内部回路との伝達素子として用いることにより、長期間に渡り安定したスイッチング機能を維持することができ、直流信号のみならず、特に高周波信号を長期間に渡って信頼性を維持しつつ安定して開閉することができる装置として提供することができ、これらの装置において、低損失かつ小型で、低消費電力による高効率化を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0046】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、以下の実施形態の全図においては、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0047】

まず、本発明の第1の実施形態による接点開閉器について説明する。図1に、この第1の実施形態による接点開閉器としてのマイクロリレーを示す。

【0048】

図1に示すように、この第1の実施形態による静電マイクロリレーは、固定基板1の一面に、所定の間隔を保って、可動基板10を一体化した構成を有し、さらに、この可動基板10を覆うようにして、キャップ20が設けられている。

【0049】

固定基板1は、ガラス基板2の上面に、少なくとも固定電極3と2本の信号線4、5とが設けられて構成されている。

【0050】

信号線4、5は、同一直線上（図1中、2点鎖線）に配置されている。そして、固定電極3は、信号線4、5の周辺領域に、これを囲むようにして所定の距離を隔てて設けられており、その表面が絶縁膜7により被覆されている。固定電極3は、信号線4、5を伝送する高周波信号のGND電極（接地電極）と兼用されることによって、コプレナ構造を構成している。

【0051】

すなわち、これらの信号線4、5に高周波信号を流したときに発生する電気力線は、後述する固定接点4a、5a間のGND電極において終端される。そのため、アイソレーション特性を向上させることができる。なお、アイソレーション特性とは、接点開放時、信号線間における高周波信号の漏れがどの程度存在するのを示すものである。また、アイソレーション特性の向上とは、高周波信号の漏れの低減を意味する。

【0052】

また、それぞれの信号線4、5の外側に向いた一端部が、接続パッド3b₁、3b₂、3b₃、3b₄に電気的に接続されている。

【0053】

また、これらの信号線4、5における固定基板1の中心近傍（図1中、点線円内部）の

一端部が、所定間隔を隔てた固定接点 4 a, 5 a を構成している。これらの固定接点 4 a, 5 a は、信号線 4, 5 の膜厚より小さい膜厚に構成されている。具体的には、これらの信号線 4, 5 および固定接点 4 a, 5 a は、固定基板 1 の中心部において、凹部となるような段差形状を有して構成されている。

【0054】

このように、固定接点 4 a, 5 a の膜厚を小さくすることにより、固定接点 4 a, 5 a の膜厚ばらつきを低減することができる。一般に誤差量は、加工量（基準寸法）に対する割合で決められるため、膜厚が小さく基準寸法が小さくなると、その誤差量の絶対値を小さくすることができ、膜厚ばらつきを低減することができる。

【0055】

そして、信号線 4, 5 における固定接点 4 a, 5 a の部分を段差形状にするために、この第 1 の実施形態による固定接点 4 a, 5 a は、固定電極 3 と同一の製造プロセスにおいて成膜された第 1 導電層が、信号線 4, 5 から固定接点 4 a, 5 a の部分だけはみ出した形状にパターンニングされている。

【0056】

信号線 4, 5 は、第 1 導電層の上層に第 2 導電層を積層配置して構成される。第 2 導電層は、例えば銀 (Ag)、銅 (Cu)、金 (Au) またはアルミニウム (Al) などからなり、この第 2 導電層が第 1 導電層と導通可能に設けられ、信号線 4, 5 の一端部の固定接点 4 a, 5 a の部分のみ第 1 導電層が露出されている。これらの露出部分は、後述する可動基板 10 の可動接点 18 と閉成可能な形状となっている。

【0057】

より具体的に、この第 1 の実施形態においては、これらの固定接点 4 a, 5 a は、固定電極 3 と同様の導電性薄膜から構成されており、その上層に第 2 導電層が形成された信号線 4, 5 は、信号線 4, 5 を主に構成する導電材料（第 2 導電層の材料）の導電率 σ (s/m) と、信号線 4, 5 を通過する電気信号の周波数 ν (GHz) とから下の (1) 式により決定される表皮深さ δ (μm) 以上になるように、成膜されている。

【0058】

【数 1】

$$\delta = \frac{10^5}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{\sigma \nu}} (\mu\text{m}) \cdots (1)$$

【0059】

なお、この第 1 の実施形態における信号線 4, 5 に用いられる代表的な配線材料に関して、所定の周波数信号を伝搬させるために必要な表皮深さを表 1 に示す。表 1 は、表皮深さが、信号線の材質や信号線を通過する電気信号の周波数に依存することを示している。

【0060】

【表 1】

周波数 (GHz)		0.1	0.3	0.5	1	3	5	10
表皮深さ (μm)	銀	6.44	3.72	2.88	2.04	1.18	0.91	0.64
	銅	6.61	3.82	2.96	2.09	1.21	0.93	0.66
	金	7.86	4.54	3.52	2.49	1.44	1.11	0.79
	アルミニウム	7.96	4.59	3.56	2.52	1.45	1.13	0.80

【0061】

この第 1 の実施形態においては、信号線 4, 5 を主に構成する配線材料と、この接点开

閉器が備えられる装置に用いられる信号の周波数とに応じて定められる表皮深さ以上の膜厚となるように、信号線 4, 5 の膜厚を定めることにより、高周波信号を低損失で伝搬させることができる。なお、固定接点 4 a, 5 a の膜厚は、表皮深さ未満であっても、後述する可動接点 1 8 と閉成した際に固定接点 4 a, 5 a と可動接点 1 8 の膜厚の和が表皮深さ以上であれば、低損失で高周波信号を伝搬させることが可能となる。

【0062】

このように、信号線 4, 5 の固定接点 4 a, 5 a の部分を段差形状にすることにより、固定接点 4 a, 5 a の膜厚を、表皮深さの制限を受けることなく小さく設定することができるため、従来に比してばらつき量の低減を図ることができる。

【0063】

また、そのほかの信号線 4, 5 や配線部 6 a、接続パッド 3 b₁~3 b₄, 6 b における、膜厚確保のための多層膜構成においては、接点間ギャップ量への影響がなくなることにより、膜厚ばらつきに対して自由度が増える。そのため、これらの導電層の形成においては、一般的な成膜方法を採用することが可能であるとともに、表皮効果を考慮した十分な膜厚を確保することが可能となる。

【0064】

なお、表 1 に例示したような導電材料は、ガラス基板 2 などの絶縁材料と密着性が低い場合が多い。そのため、この第 1 の実施形態のようにガラス基板 2 などの絶縁材料からなる基板を用いる場合には、クロム (Cr)、チタン (Ti)、または導電性化合物などの導電材料から構成される密着層を第 1 導電層とし、この密着層上に、第 2 導電層を構成する導電材料を配置することが好ましい。

【0065】

さらに、この密着層と第 2 導電層を各々構成する導電材料との間の相互拡散を防止するために、ニッケル (Ni) やルテニウム (Ru)、タングステン (W)、タンタル (Ta) などからなる拡散防止層を、第 2 導電層と密着層との間に設けた構造を採用することも可能である。

【0066】

そして、このような密着層や、密着層および拡散防止層からなる積層膜を第 1 導電層とし、これらを固定電極 3 および固定接点 4 a, 5 a に用いることにより、固定電極 3 および固定接点 4 a, 5 a を同一の製造工程において成膜することが可能となる。そのため、信号線 4, 5 を形成後、さらに段差形状を形成する工程を新たに追加することなく、配線などのパターンニングのマスク形状を変更する程度で、固定接点 4 a, 5 a を形成することが可能になる。

【0067】

他方、可動基板 1 0 は、シリコン (Si) 基板が加工されて、アンカ 1 1 a, 1 1 b、第 1 弾性支持部 1 2、可動電極 1 3、第 2 弾性支持部 1 4、可動接点部 1 5 が形成されて構成されている。

【0068】

すなわち、この可動基板 1 0 においては、固定基板 1 の上面縁部に接合されるアンカ 1 1 a, 1 1 b から側方に延在する 2 本の第 1 梁部としての第 1 弾性支持部 1 2 に、可動電極 1 3 が支持されている。

【0069】

アンカ 1 1 a, 1 1 b は、互いに可動接点部 1 5 に対してほぼ点対称となる位置に設けられており、固定基板 1 の上面における 2 箇所の位置に、それぞれ立設可能に構成されている。なお、一方のアンカ 1 1 b は、固定基板 1 の上面に設けられた配線部 6 a を介して、接続パッド 6 b に電氣的に接続されている。

【0070】

また、第 1 弾性支持部 1 2 は、アンカ 1 1 a, 1 1 b の上端部が延長された形状に形成されたスリット 1 2 a により構成されている。また、この第 1 弾性支持部 1 2 は、アンカ 1 1 a, 1 1 b に比して厚さが小さく、固定基板 1 との間において、所定の間隔に隔てら

れている。

【0071】

また、可動電極13は、アンカ11a, 11bに対して第1弾性支持部12の反対側の端部により支持されており、固定電極3に対して、所定の間隔を有しつつ対向するように配置されている。

【0072】

これにより、固定電極3と可動電極13との間に電圧を印加することにより発生する静電引力によって、可動電極13が固定電極3側に引き寄せられるように構成されている。

【0073】

また、可動電極13には、その中央部に、一对の連結部からなる第2梁部としての第2弾性支持部14が形成されている。そして、可動基板10は、弾性支持された可動電極13の中央部に、第2弾性支持部14を介して可動接点部15が弾性支持されて構成されている。

【0074】

これらの第2弾性支持部14および可動接点部15は、可動基板10の両端縁部中央から中央部に向かって設けた切欠部16により切り欠かれた分の残部から構成される。第2弾性支持部14は、可動電極13と可動接点部15とを連結する幅狭の梁であり、接点閉成時において、第1弾性支持部12よりも大きな弾性力を確保可能に構成されている。また、可動接点部15は、固定接点4a, 5aの膜厚減少分だけ第2弾性支持部14より厚くなるようにアンカ11a, 11b側に突出している。

【0075】

また、可動接点部15の固定基板1側の面の中央には、絶縁膜17を介して可動接点18が設けられている。この可動接点18は、固定接点4a, 5aに対向して、接離可能に設けられている。そして、この可動接点18が、分離したそれぞれの固定接点4a, 5aと閉成されて、信号線4, 5を、互いに電氣的に接続するように構成されている。

【0076】

また、図2に示すように、可動接点18の固定基板1側における、固定電極3に対向する部分（固定電極3に接触する可能性のある部分）には、絶縁膜7の高さに所定のクリアランス分を加えた窪みからなる凹部18aが設けられている。すなわち、ダブルブレイクの可動接点18が少なくとも2段の高さに構成され、可動接点18と固定接点4a, 5aとの閉成時に、凹部18aが信号線4, 5の間の空間位置に配置されるように構成されている。

【0077】

これにより、可動接点18と固定接点4a, 5aとの開閉動作において、可動接点18が固定電極3に接触することを防止することができ、高周波信号における雑音の増加などの影響を回避することができる。

【0078】

また、可動電極13においては、少なくとも信号線4, 5に対向する部分が切欠部16により除去されている。したがって、可動電極13と信号線4, 5と間に容量結合を低減できるため、アイソレーション特性を向上させることができる。

【0079】

さらに、これらの固定基板1上に可動基板10が固定された状態で、キャップ20により可動基板10が封止されて、この第1の実施形態によるマイクロリレーが構成されている。

【0080】

次に、上述のように構成されたマイクロリレーの動作について説明する。図3に、この第1の実施形態によるマイクロリレーの動作状態を示す。

【0081】

まず、図3Aに示すように、固定電極3と可動電極13との間に電圧を印加せず、静電引力が発生していない状態では、第1弾性支持部12は、弾性変形することなく、アンカ

11a, 11bから水平に延びた状態を維持する。これにより、可動基板10は、固定基板1と所定間隔を保って対向する。このとき、可動接点18は、固定接点4a, 5aから開離している。

【0082】

それぞれの固定電極3および可動電極13の間に電圧を印加することによって、静電引力を発生させると、図3Bに示すように、まず、第2弾性支持部14に比して弾性力が小さい第1弾性支持部12が弾性変形し、可動電極13が固定電極3に接近する。このとき、可動接点18は、その周囲の可動電極13が固定電極3に引き寄せられることにより、固定接点4a, 5aに接触される。

【0083】

続いて、図3Cに示すように、可動電極13が、固定電極3を被覆する絶縁膜7に吸着する。これにより、第2弾性支持部14が弾性変形を生じ、この第2弾性支持部14によるばね弾性により、可動接点18が固定接点4a, 5aに押圧される。

【0084】

固定電極3と可動電極13との間の印加電圧を遮断すると、接点开離力として、第1弾性支持部12および第2弾性支持部14の弾性復元力が生じる。そして、固定電極3と可動電極13とが開離する場合は、図3Cに示す状態から、図3Bに示す状態を経て、図3Aに示す状態となり、互いに所定間隔を隔てる位置まで復帰する。

【0085】

以上のように動作するマイクロリレーにおいては、図3Aに示す状態の時に信号が遮断された状態となり、図3Bおよび図3Cに示す状態の時に信号が伝搬される状態となって、これにより、信号の伝搬と遮断が実行される。

【0086】

次に、以上のように構成されたこの第1の実施形態によるマイクロリレーの製造方法について、図面を参照しつつ説明する。図4に、この第1の実施形態によるマイクロリレーの製造プロセスを示す。

【0087】

すなわち、まず一方の固定基板1において、図4Aに示すガラス基板2に、図4Bに示すように、密着層や拡散防止層となる導電層を形成した後、パターン形成を行うことにより、固定電極3および固定接点4a, 5aを含む信号線4, 5の下層導電層（第1導電層）を形成する。続いて、図4中図示省略した、プリント配線、接続パッドおよび、信号線上層（第2導電層）をそれぞれ形成する。

【0088】

その後、固定電極3上に、絶縁膜7を形成する。以上により、図4Cに示す固定基板1が形成される。ここで、この絶縁膜7としては、例えば、比誘電率が3～4のシリコン酸化（ SiO_2 ）膜や、比誘電率が7～8のシリコン窒化（ SiON , Si_3N_4 ）膜などが用いられる。これらの絶縁材料を用いることにより、接点および電極における開閉において、大きな静電引力を得ることができ、接触力を増加させることが可能となる。

【0089】

他方、可動基板10においては、図4Dに示すように、上面側から、シリコン（ Si ）層21a、酸化シリコン（ SiO_2 ）層21b、および Si 層21cが順次積層されたSOI（Silicon On Insulator）ウェハの一面に対して、所定のパターン形状の SiO_2 層からなるエッチングマスク22を形成する。なお、エッチングマスクとしては、通常のレジストパターンなどを用いてもよい。

【0090】

その後、このエッチングマスク22をマスクとして Si 層21cのエッチングを行う。これにより、図4Eに示すように、下方側に突出するアンカ11a, 11bが形成される。また、これとともに、 Si 層21cの可動接点部15となる部分のエッチング量を減らすことにより、凸部21dを形成する。

【0091】

その後、図 4 F に示すように、SOI 基板 21 の一面の接点間の所定間隔を隔てた凸部 21 d の領域に、選択的に絶縁膜 17 が形成される。続いて、この絶縁膜 17 上の部分に可動接点 18 が形成される。ここで、この可動接点 18 においては、凸部 21 d が形成されていることにより、従来と可動接点の膜厚を同等に維持しつつ、接点間のギャップ量を同じ大きさにしている。

【0092】

次に、図 4 G に示すように、陽極接合法により、一方のベースとなる可動基板 10 と他方の固定基板 1 とを、可動接点 18 と固定接点 4 a, 5 a との位置合わせを行いつつ、接合させて一体化する。

【0093】

その後、図 4 H に示すように、SOI 基板 21 の上面を、例えば、水酸化カリウムなどのアルカリエッチング液を用いたウェットエッチング法により、SiO₂ 層 21 b をエッチングストップ層として、エッチングを行うことにより薄膜化する。

【0094】

次に、フッ素系エッチング液を用いて、SiO₂ 層 21 b を除去することにより、図 3 I に示すように、Si 層 21 c からなる、可動電極 13 が形成された可動基板 10 を露出させる。

【0095】

その後、例えば反応性イオンエッチング (RIE) 法などのドライエッチング法により、型抜きエッチングを行う。これにより、切欠部および連結部が形成され、第 1 弾性支持部 12 および第 2 弾性支持部 14 が切り出されて、可動基板 10 が完成する。

【0096】

最後に、レーザやカッターを用いたダイシングが行われて、個々のマイクロリレーに裁断され、この第 1 の実施形態によるマイクロリレーが製造される。

【0097】

以上説明したように、この第 1 の実施形態によれば、信号線 4, 5 の固定接点 4 a, 5 a の部分を段差形状にして膜厚を薄くしていることにより、従来に比して接点間ギャップのばらつきの低減を図ることができる。さらに、そのほかの信号線 4, 5 や配線部 6 a、接続パッド 3 b₁ ~ 3 b₄ などの信号伝達部においては、その膜厚を接点間ギャップ量に関係なく定めることができるため、膜厚ばらつきに対して自由度が増し、表皮効果を考慮した十分な膜厚を確保することが可能となる。

【0098】

次に、本発明の第 2 の実施形態について説明する。図 5 に、この第 2 の実施形態によるマイクロリレーの閉成時の断面図および上面図を示す。

【0099】

図 5 A に示すように、この第 2 の実施形態によるマイクロリレーにおいては、可動接点 18 と固定接点 4 a, 5 a との閉成時において、可動接点 18 の上面の高さと信号線 4, 5 の上面の高さとが、ほぼ同一の高さになるように構成されている。

【0100】

さらに、この第 2 の実施形態においては、図 5 A の信号線 4, 5 および可動接点 18 の上面図である図 5 B に示すように、可動接点 18 の信号線 4, 5 の長手方向に垂直な方向の幅 (以下、幅) と信号線 4, 5 の幅とが、ほぼ同一の幅になるように構成されている。これにより、従来技術に比して大幅にミスマッチングを抑制することができる。

【0101】

この第 2 の実施形態によるマイクロリレーのそのほかの構成については、第 1 の実施形態におけると同様であるので、説明を省略する。

【0102】

以上説明したように、この第 2 の実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができるとともに、従来技術による接点開閉器を高周波信号の開閉に用いる場合には、図 9 に示すように、接点部分において、高周波信号の伝搬が屈曲させられ、インピー

ダンスのミスマッチングが発生し、高周波信号の損失が生じてしまうのに対し、この第2の実施形態による接点開閉器によれば、固定接点4a, 5aと可動接点18との閉成時における高周波信号の損失を、より高い周波数の信号においても低減することができるので、接点部分におけるインピーダンスのミスマッチングをより一層改善させることが可能となり、高周波信号の損失をより低減することができる。

【0103】

次に、本発明の第3の実施形態において、本発明によるマイクロリレーを備えた装置について説明する。この第3の実施形態によるマイクロリレー搭載装置の例として、図6に無線通信機を示し、図7に計測器を示す。

【0104】

すなわち、本発明によるマイクロリレーは、その構造特性により、特に高周波信号に関して、低損失で良好に伝達する特性を得ることができる。

【0105】

そこで、これらの特性を活用して、例えば、図6に示すように、無線通信機40において、本発明によるマイクロリレー100が内部処理回路41と送受信アンテナ42との間に接続して設けられる。そして、本発明によるマイクロリレー100を、送受信アンテナ42から高周波信号を受け取って内部処理回路41に供給したり、内部処理回路41から送受信アンテナ42に信号を供給したりする箇所に用いて、アンテナスイッチとして利用することが可能である。

【0106】

このように、本発明によるマイクロリレー100をアンテナスイッチとして採用することにより、従来の素子に比して、特に高周波信号の損失を低減可能となるので、内部回路に用いられる増幅器などの負担を低減することができるとともに、低損失かつ小型、低消費電力による高効率化を実現可能となる。

【0107】

また、図7に示すように、計測器50においては、マイクロリレー100を、内部処理回路51から測定対象物52に至る、それぞれの信号線の途中に接続する。このように、本発明によるマイクロリレー100を、計測器50の測定対象物52と内部処理回路51との間の信号の出力・供給用リレーとして用いることにより、低損失の伝達特性により従来技術によるスイッチング素子に比して、精度よく信号の伝達を実行することが可能となる。

【0108】

また、上述した無線通信機40や計測器50においては、複数の伝達素子が使用されることが多い。そのため、小型、低消費電力であることにより、スペース効率やエネルギー消費効率の観点においても大きな利点を得ることが可能となる。

【0109】

以上、本発明の実施形態について具体的に説明したが、本発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0110】

例えば上述の第1の実施形態においては、固定電極3および固定接点4a, 5aを構成する第1導電層を単一材料からなる単層の導電層から形成しても良いし、固定電極3および固定接点4a, 5aを構成する導電層を、異なる導電層を積層させた多層膜構成とすることも可能である。

【0111】

また、上述の第1の実施形態においては、信号線4, 5を主に形成する第2導電層としてAu, Ag, CuおよびAlなどの材料を例示したが、この信号線4, 5を、必ずしも単一の材料から構成する場合に限定するものではなく、複数種類の材料を積層させた多層膜構成とすることが可能であり、さらに、用いられる配線材料についても、上述の金属材料に限定されるものでもない。

【0112】

また、例えば上述の第1の実施形態においては、Si基板を加工することにより、可動基板10を構成しており、これにより、可動基板10そのものが導電体となり可動電極を兼ねた構成としているが、可動電極13を、ベースとなる基板に導電体を設けて構成することも可能である。

【0113】

また、例えば上述の第1～第3の実施形態においては、本発明を、静電マイクロリレー（静電アクチュエータ）に適用する例について説明したが、必ずしも静電アクチュエータに限定するものではなく、本発明を、圧電アクチュエータや、熱アクチュエータに適用することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0114】

【図1】本発明の第1の実施形態による接点開閉器としてのマイクロリレーを示す分解斜視図である。

【図2】本発明の第1の実施形態による接点開閉器としてのマイクロリレーの閉成時を示す断面図である。

【図3】本発明の第1の実施形態による接点開閉器としてのマイクロリレーの動作を示す断面図である。

【図4】本発明の第1の実施形態による接点開閉器としてのマイクロリレーの製造プロセスを示す断面図である。

【図5】本発明の第2の実施形態による接点開閉器としてのマイクロリレーの閉成時における接点部および高周波信号の伝搬状態を示す断面図および平面図である。

【図6】本発明の第3の実施形態による、本発明の接点開閉器を備えた装置の一例としての無線通信装置を示すブロック図である。

【図7】本発明の第3の実施形態による、本発明の接点開閉器を備えた装置の一例としての計測装置を示すブロック図である。

【図8】従来技術による接点開閉器としてのマイクロリレーの構造を示す斜視図およびその動作を示す断面図である。

【図9】従来技術による接点開閉器における高周波信号の伝搬に関する問題点を説明するための断面図である。

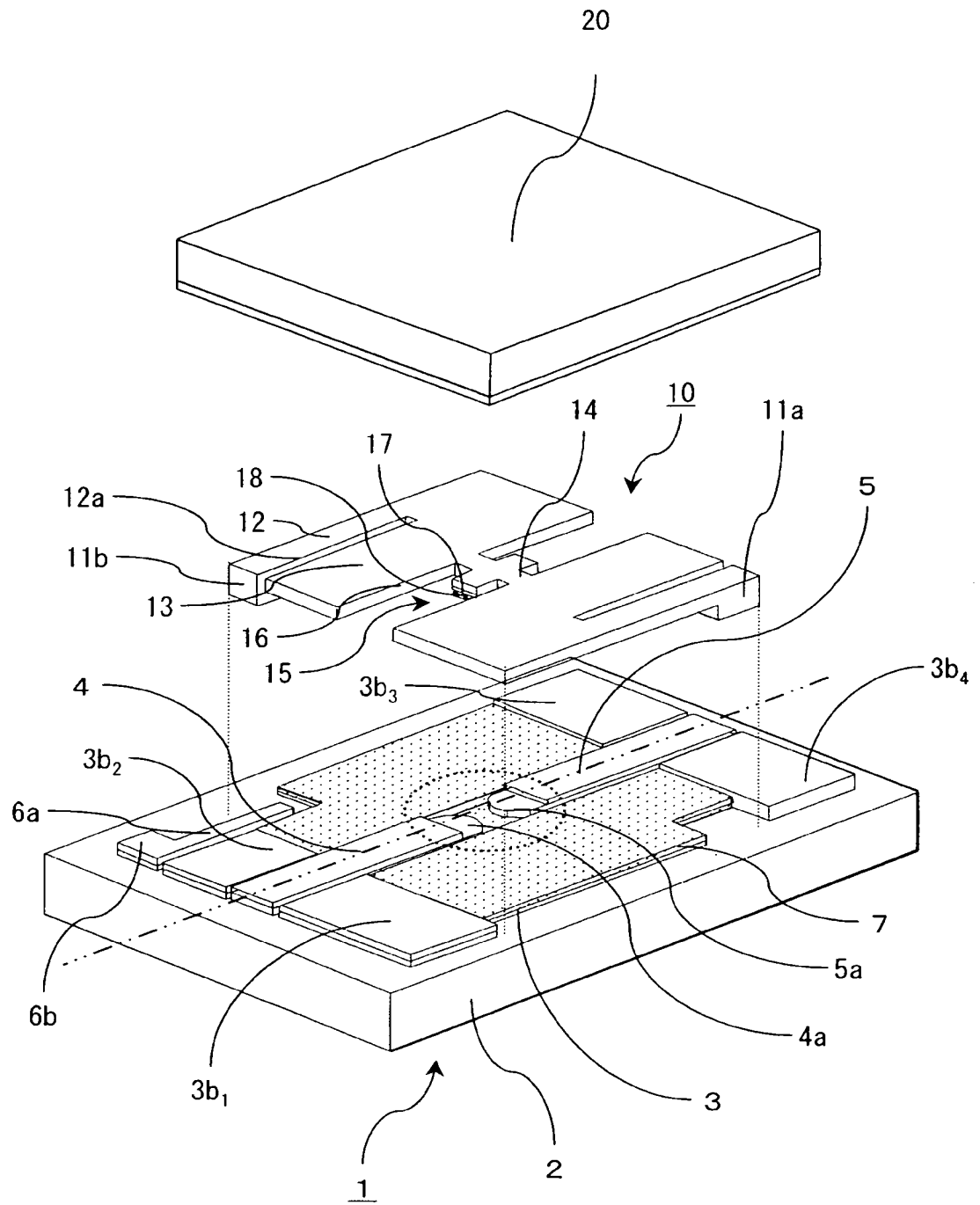
【符号の説明】

【0115】

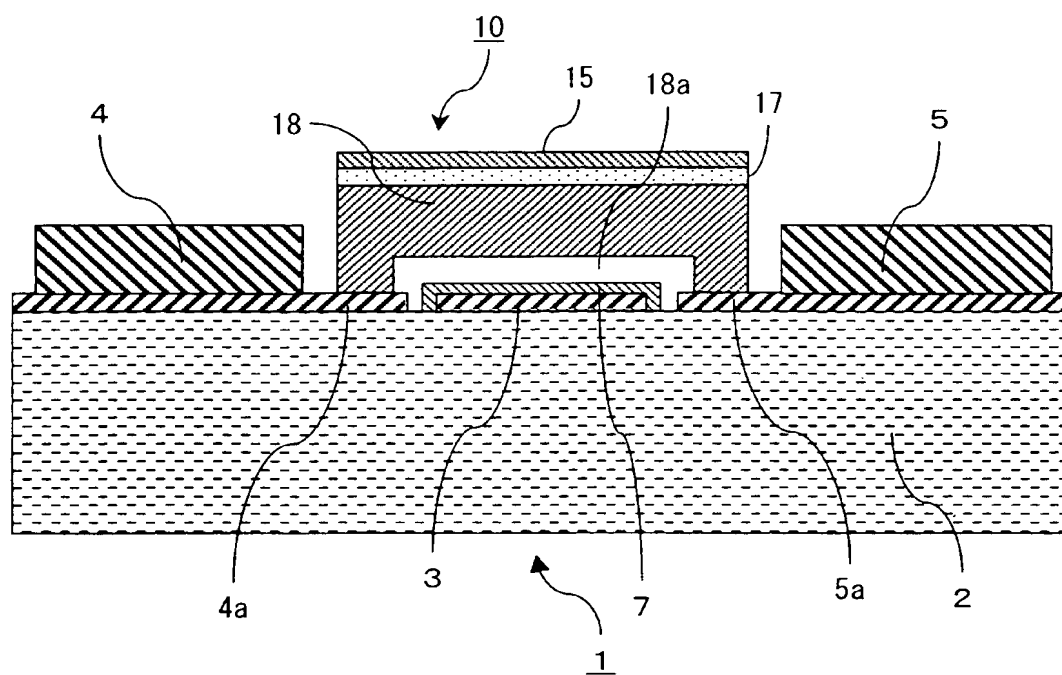
- 1 固定基板
- 2 ガラス基板
- 3 固定電極
- 3 b₁, 3 b₂, 3 b₃, 3 b₄, 6 b 接続パッド
- 4, 5 信号線
- 4 a, 5 a 固定接点
- 6 a 配線部
- 7, 17 絶縁膜
- 10 可動基板
- 11 a, 11 b アンカ
- 12 第1弾性支持部
- 12 a スリット
- 13 可動電極
- 14 第2弾性支持部
- 15 可動接点部
- 16 切欠部
- 18 可動接点
- 18 a 凹部
- 20 キャップ

2 1 S O I 基板
2 1 a, 2 1 c S i 層
2 1 b 酸化シリコン (S i O₂) 層
2 1 d 凸部
2 2 エッチングマスク
4 0 無線通信機
4 1 内部処理回路
4 2 送受信アンテナ
5 0 計測器
5 1 内部処理回路
5 2 測定対象物
1 0 0 マイクロリレー

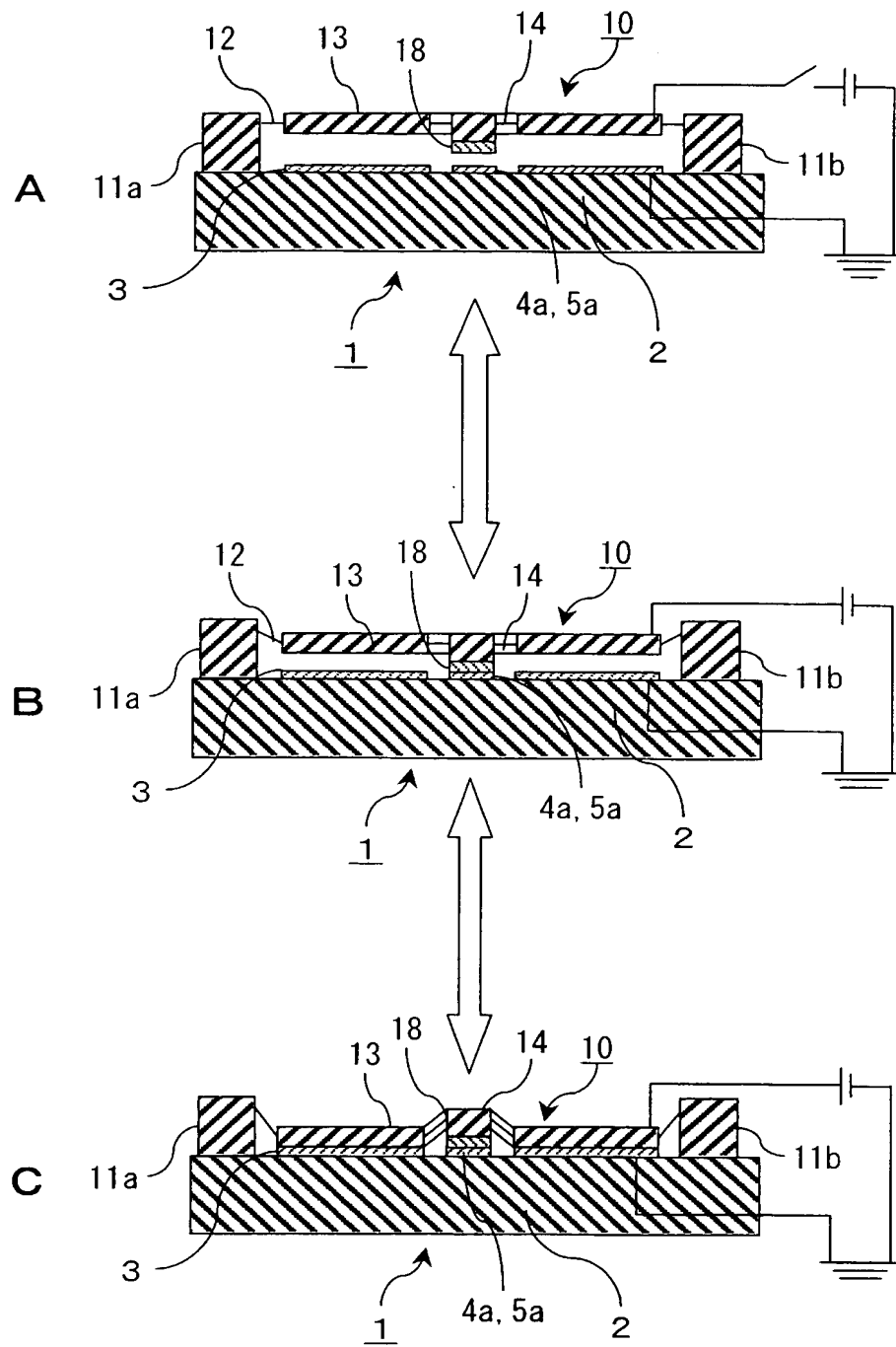
【書類名】 図面
【図 1】



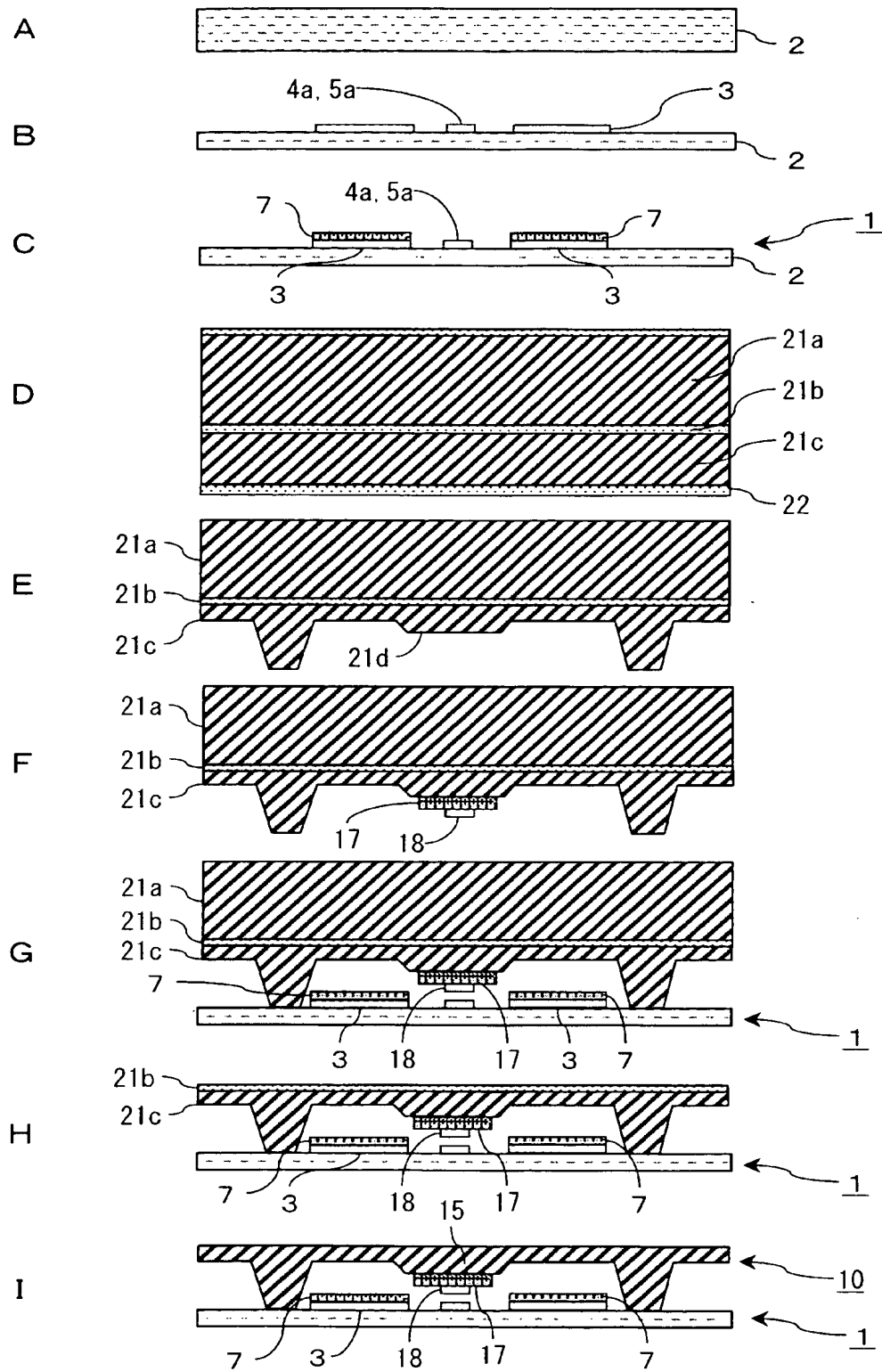
【図 2】



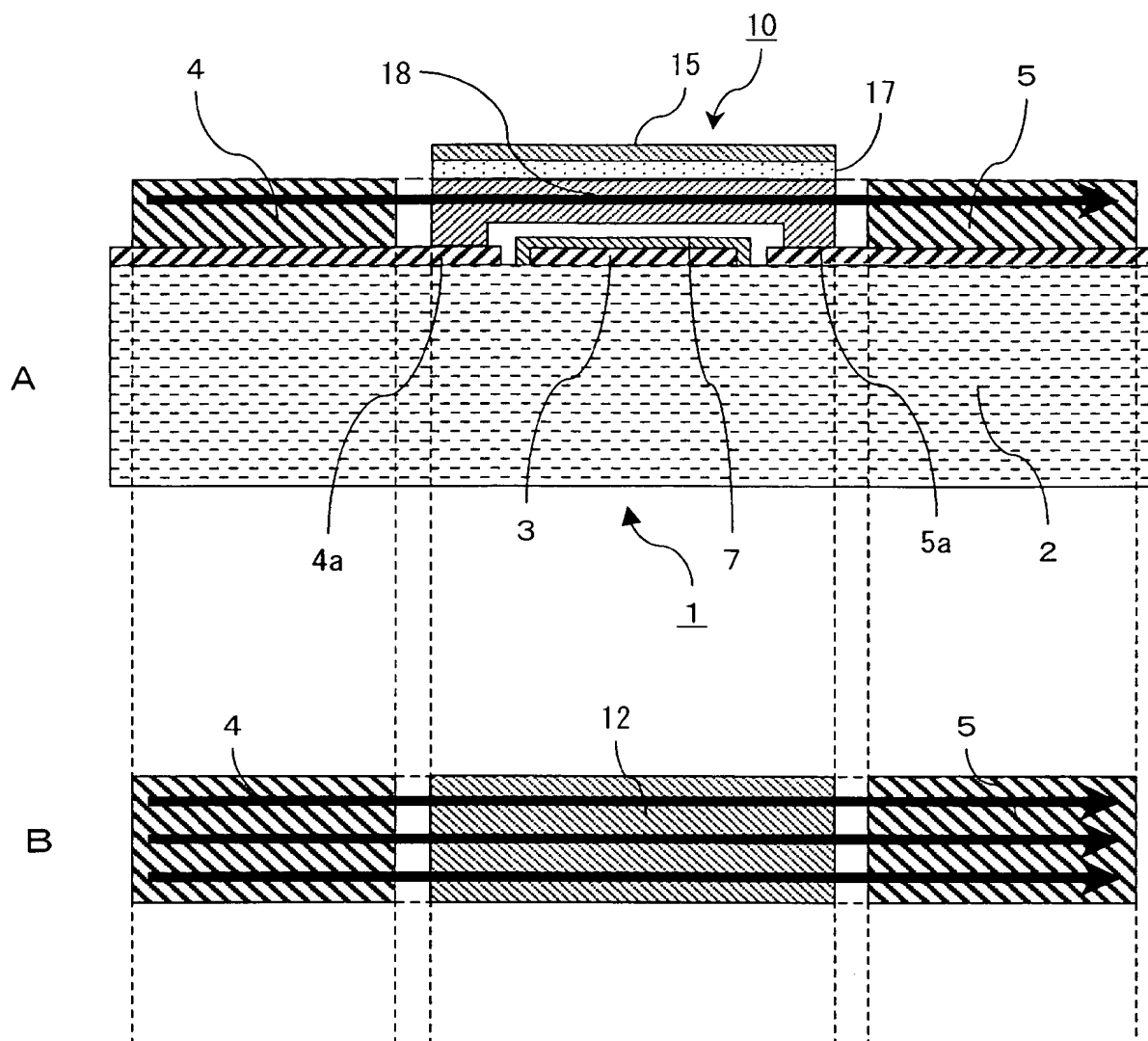
【図 3】



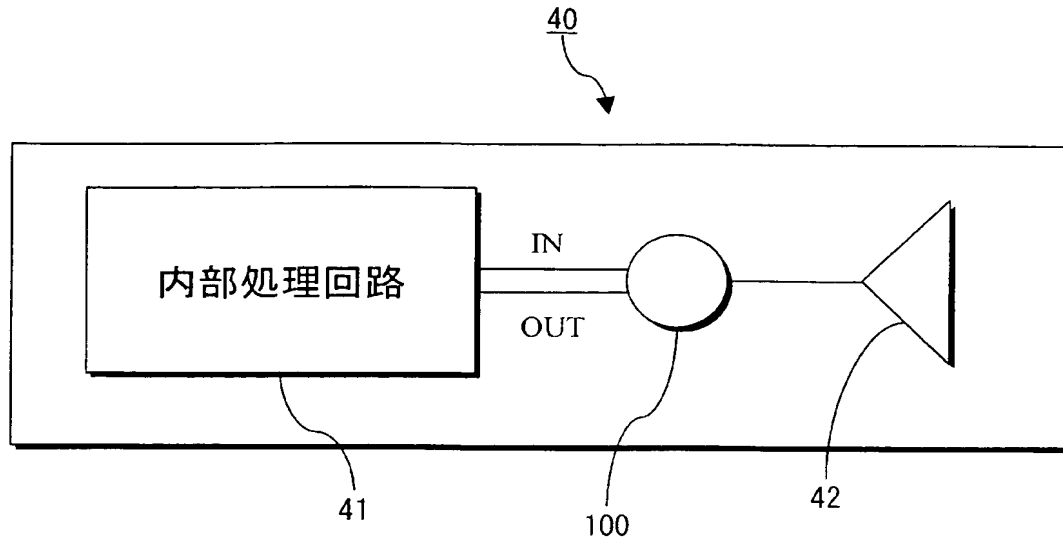
【図 4】



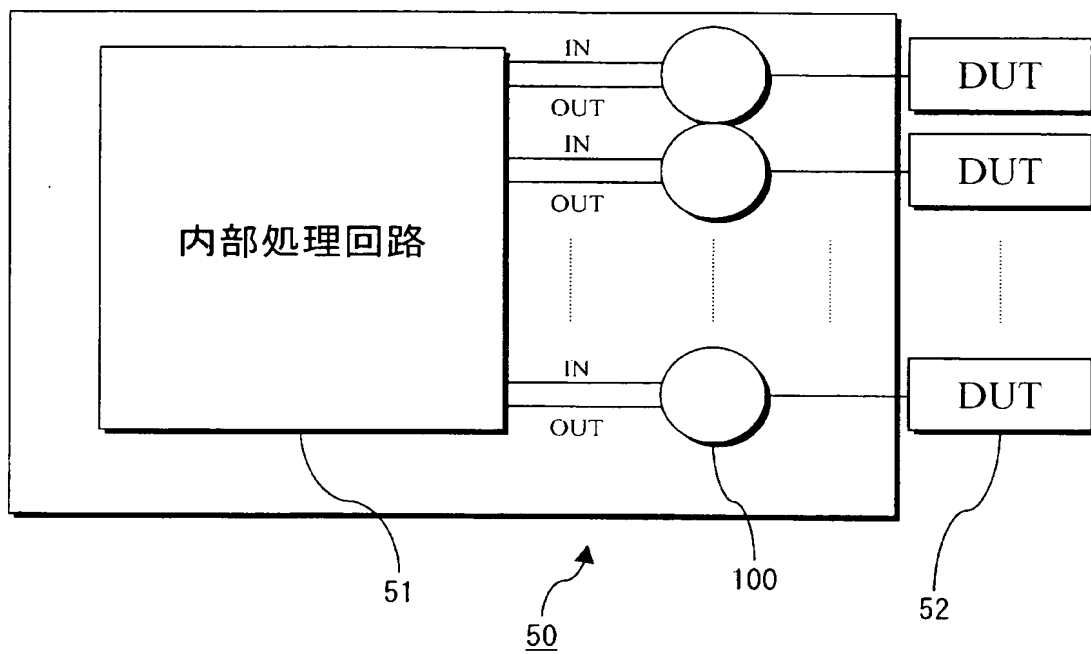
【図 5】



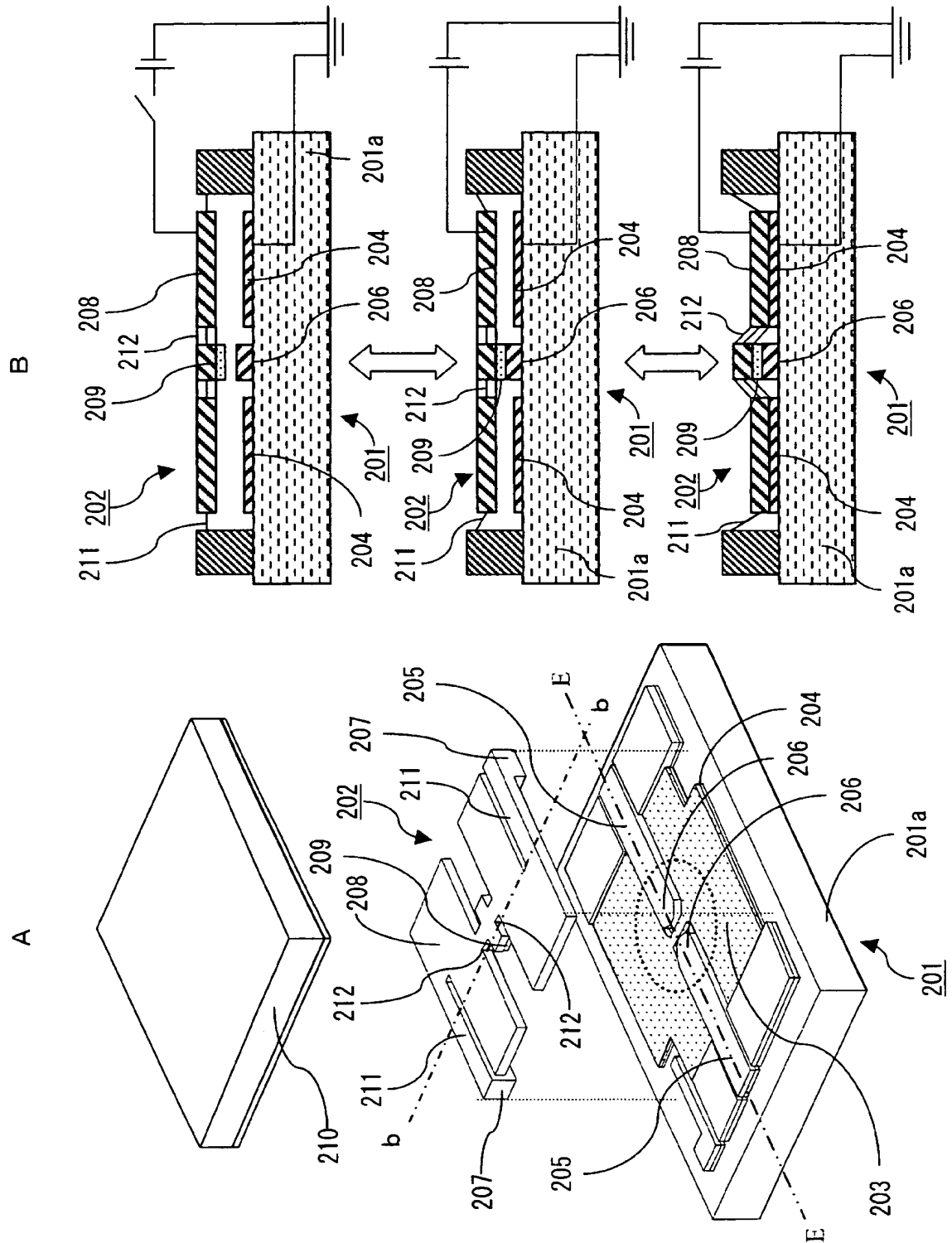
【図 6】



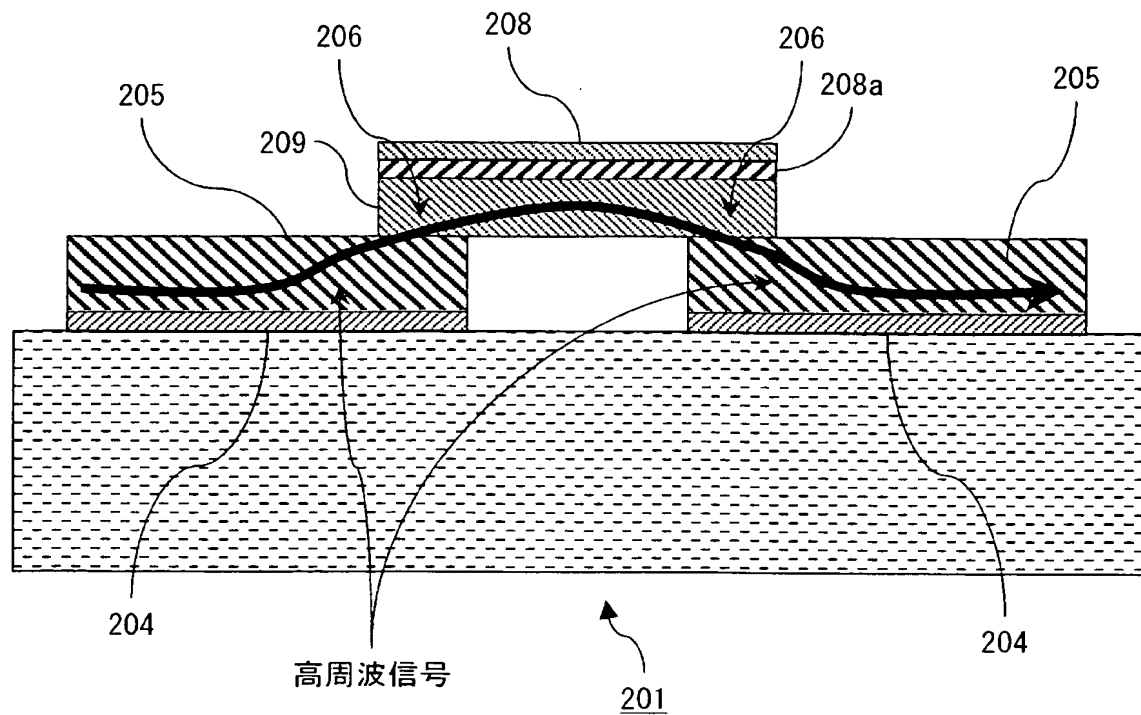
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

接点の部分における膜厚ばらつきを、簡単な構造変更で低減することができ、接点間ギャップ量のばらつきを低減して、接点閉成時の動作を安定化するとともに、高周波特性を向上させて信号の伝搬損失を低減する。

【解決手段】 固定基板 1 に、複数の固定接点 4 a, 5 a と信号線 4, 5 とを配設する。固定基板 1 に対向する可動基板 1 0 に、固定接点 4 a, 5 a と閉成、開離を行う可動接点 1 8 を設ける。固定接点 4 a, 5 a の膜厚を信号線 4, 5 の膜厚より小さくして、固定接点 4 a, 5 a と可動接点 1 8 との閉成時に、固定接点 4 a, 5 a により構成される凹部に可動接点 1 8 を入り込ませ、信号線 4, 5 を直線的に導通させる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 7 3 2 0 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 9 4 5]

1. 変更年月日

2 0 0 0 年 8 月 1 1 日

[変更理由]

住所変更

住 所

京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地

氏 名

オムロン株式会社